Na rozkładówce

Postępy Astronomii

2/97

tom 45

kwiecień – czerwiec

POLSKIE TOWARZYSTWO ASTRONOMICZNE

Kometa Hale'a-Boppa (na zdjęciach)

W numerze:

- **Kosmolog z Petersburga**
- **pochodzenie pierwiastków**
- **radioźródła w gromadach galaktyk**

TELESKOP
KOSMICZNY
HUBBLE'A

obserwuje

Mgławica Laguna (M8)

Czerwona poświata mgławicy M8 zwanej Laguną jest wdzięcznym obiektem dla fotografii astronomicznej. Na powyższym zdjęciu widzimy jej fragment uzyskany kamerą WFPC2 teleskopu kosmicznego Hubble'a przez J. Jeffa Hestera wraz z kolegami z Arizony jesienią 1995 roku. Autorzy prowadzą przy pomocy HST badania różnych obszarów naszej Galaktyki gdzie rodzą się gwiazdy i, zapewne, planety. Interesują ich przede wszystkim obszary graniczne między obłokami molekularnymi gdzie chmury gęstego gazu zapadając się tworzą protogwiazdy i obszarami H II, gdzie najgorętsze nowopowstałe gwiazdy jonizują i rozpraszają materię, z której są uformowane. Jasny obszar na powyższym zdjęciu to prawdopodobnie obszar zjonizowany przez leżącą w pobliżu gorącą gwiazdę Herschel 36 (typ widmowy O, jasność 9.5 magnitudo). Na tej mozaice kolor czerwony przedstawia emisję zjonizowanej siarki, niebieski — dwukrotnie zjonizowanego tlenu, a zielony emisję linii wodoru Hα.

Mgławica M8 leży na skraju Drogi Mlecznej w gwiazdozbiorze Strzelca i jest odległa od nas o 5 tysięcy lat świetlnych.

Drodzy Czytelnicy,

Ponownie otwieramy nasz zeszyt artykułem Księdza Profesora Michała HELLERA. Tym razem nasz znakomity Ksiądz–Kosmolog opowiada o Aleksandrze Aleksandrowiczu FRIEDMANIE, (już) radzieckim kosmologu, „już nie z Petersburga a jeszcze nie z Leningradu, na razie z Piotrogradu". Tak, to ten sam Friedman, który zauważył, że krzywizna przestrzeni może zmieniać się w czasie. Ten sam, który wskazał, że Wszechświat nie musi być stacjonarny, jak chciał Einstein, a może podlegać wielkoskalowym zmianom, może być ewolucyjny, a nawet może mieć początek (osobliwość początkową). I Friedman określił już w swej pracy z 1922 roku „czas, jaki upłynął od początku świata", czyli wiek Wszechświata, na 10 mld lat. Myślę, że Czytelników „Postępów Astronomii" zainteresuje fascynująca opowieść o tym Wielkim Uczonym i Jego (na szczęście) krótkim życiu w radzieckim dobrobycie.

Kolejnym znakomitym Autorem w bieżącym zeszycie PA jest Profesor Kazimierz GROTOWSKI, fizyk jądrowy z Krakowa. Publikujemy tu tekst Jego ciekawego „Wykładu im. Aleksandra Jabłońskiego", jaki wygłosił w Toruniu 27 lutego 1997 roku. Treścią tego wykładu jest zagadnienie pochodzenia pierwiastków we Wszechświecie. Profesor rozważa procesy przemian jądrowych w gwiazdach oraz ziemskie eksperymenty jądrowe i pointuje to zagadnienie stwierdzeniem „z kosmicznego pyłu powstałeś i w kosmiczny pył się obrócisz". Gorąco polecam lekturę tego wykładu.

Doktor Steven J. OSTRO z Laboratorium Napędów Odrzutowych (JPL) w Pasadenie zaszczycił nas prawem przedstawienia naszym Czytelnikom swego referatu przedstawionego na poznańskiej (patrz s. 12) konferencji naukowej Międzynarodowej Unii Astronomicznej. Autor jest nie koronowanym królem radarowych badaczy planet i planetoid. Jego artykuł „Obserwacje radarowe planetoid" daje przegląd współczesnych metod i osiągnięć badawczych w tej dziedzinie.

Zagadnienie radioźródeł w gromadach galaktyk jest przedmiotem artykułu Pani doktor Janiny KREMPEĆ-KRYGIER z Torunia. Bliskie kwazary występują w grupach galaktyk, natomiast odległe kwazary leżą głównie w bogatych gromadach galaktyk. Jakie jest oddziaływanie wzajemne „plazmy radiowej" z sąsiednią materią międzygalaktyczną i wewnątrzgromadnym „termicznym" gazem? O tym wszystkim w artykule Pani Doktor.

Grzegorz HRYNEK z Torunia pragnie zapoznać Czytelników „Postępów Astronomii" z nowo zaobserwowanym zjawiskiem dżetów i bąbli molekularnych w otoczeniu najmłodszych gwiazd. Czy mielibyśmy tutaj do czynienia z nową zagadką życia gwiazd i galaktyk?

W dziale ROZMAITOŚCI pragnę zwrócić uwagę Szanownych Czytelników przede wszystkim na problemy z planetą wokół 51 Peg, prawdopodobne wyjaśnienie zagadki supernowej SN1987A, koziołkowanie małych planet i rodzący się wielki teleskop o kryptonimie HET.

Niestety odchodzą Wielcy Astronomowie XX wieku. In memoriam przedstawiamy pokrótce sylwetkę Wiktora AMBARCUMIANA.

Prawie nieprzerwany, tysięczny, przeszło 60-letni cykl protokołowanych zebrań naukowych Obserwatorium Krakowskiego przedstawia doktor Krzysztof MAŚLANKA z Krakowa. Dla mnie była to fascynująca lektura i raz jeszcze wspomnienie „kolorytu" tamtych starych dni polskiej astronomii. Podobny charakter ma felieton doktora Jana MIETELSKIEGO, w którym przywołuje pamięć umiejętności (czytaj: wyczynów) wokalnych swego krakowskiego Mistrza.

W naszym szkolnym kąciku przedstawiamy zadania kolejnej, XLI, Olimpiady Astronomicznej, sprawozdanie z grudziądzkiego młodzieżowego Seminarium Astronomicznego oraz odpowiadamy na pytanie, dlaczego astronomowie budują duże teleskopy.

Nie zabrakło też w tym zeszycie zdjęć wykonanych teleskopem kosmicznym Hublle'a, a przede wszystkim zdjęć komety Hale'a-Boppa i to wykonanych głównie przez naszych Czytelników.

Serdecznie zapraszam do lektury

Toruń, w maju 1997 roku.

BIBLIOTEKA UNIWERSYTECKA w Toruniu

Polskie Towarzystwo Astronomiczne i Redakcja „Postępów Astronomii" otrzymało kopię listu adresowanego do Prezesa Telewizji Polskiej SA, p. Ryszarda Miazka, który poniżej przytaczamy.

Szanowny Panie Prezesie!

Niżej podpisani uczestnicy Seminarium Astronomicznego dla Nauczycieli Fizyki, zgromadzeni w Centrum Astronomicznym im. Mikołaja Kopernika PAN w Warszawie dnia 17 listopada 1996 r., wyrażamy głębokie zaniepokojenie prezentowanymi pseudonaukowymi treściami propagowanymi przez publiczną telewizję, także w programach edukacyjnych.

Spotkania dzieci i młodzieży w programach typu „5, 10, 15" z astrologami, ufologami itp. są szkodliwe społecznie. Świadome kształtowanie ludzi nie odróżniających prawdy od bajek i fantazji, a często wręcz hochsztaplerstwa, może mieć daleko idące konsekwencje. Wydaje się, że przynajmniej programy dla młodych powinny być przed dopuszczeniem do emisji rzetelnie oceniane przez rzeczoznawców z listy Ministerstwa Edukacji Narodowej. Po każdym programie pt. „Godzina szczerości" puszczany jest horoskop zaproszonego gościa — to też jest ogłupianiem widzów, ale oglądają to na ogół dorośli i przynajmniej część rozumie, że jest to wątpliwego gatunku zabawa. Natomiast zaśmiecanie młodych umysłów za pieniądze wszystkich podatników uważamy za wysoce niemoralne.

Łączymy wyrazy szacunku

(40 podpisów)
Warszawa 17 listopada 1996

* * *

Dopiero w styczniu przeczytałem trzeci numer „Postępów" z 1996 roku i dlatego moja uwaga jest nieco spóźniona. Jednak ponieważ w czwartym numerze „Postępów" nie znalazłem żadnego wyjaśnienia problemu, więc postanowiłem napisać do Redakcji.

Otóż w artykule R. E. Siody możemy przeczytać, że temperatura powierzchniowa Jowisza wynosi 129 K do 425 K i jednocześnie, że fakt istnienia wewnętrznego źródła energii powoduje prawdopodobnie wzrost jasności planety. Podane są wartości dotyczące jasności wizualnych, należy więc sądzić, że i jasność wzrasta wizualnie. Informacje te są w standardowym rozumieniu ze sobą sprzeczne. Każdy człowiek bowiem codziennie, czy chce czy też nie, widzi, że otaczające go ciała nie świecą światłem widzialnym w tych temperaturach — ciała emitują światło widzialne w poważniejszych ilościach dopiero w temperaturze tzw. Wiśniowego żaru, to jest ok. 900 K (600°C).

Oczywiście możliwa jest intensywna emisja promieniowania widzialnego nawet w dużo niższych temperaturach, jednak wówczas mamy do czynienia ze zjawiskami nietermicznymi, takimi jak np. w zorzach polarnych.

Zjawiska nietermiczne, w tym i zorze na Jowiszu, występują, a wiec rzecz jest zdecydowanie możliwa, niemniej nigdy o istotnym wpływie zjawisk tego typu na jasność wizualną nie słyszałem, ani o tym nie czytałem. Dr hab. Sioda sugeruje przy tym, że chodzi o kolosalny efekt rzędu całego magnitudo (w braku efektu spadek jasności z -2.4^m do -1.43^m). W takim przypadku Jowisz świeciłby przede wszystkim światłem pochodzącym z tego zjawiska, marginalnie jedynie wzmocnionym odbitym światłem słonecznym. Oczywiście, zjawisko, jeżeli jest prawdziwe (w co trudno uwierzyć), wymaga omówienia w dużym artykule w "Postępach Astronomii", jako że całkowicie zmienia obraz tej największej planety naszego układu planetarnego. Myślę, że wyjaśnienie tej sprawy powinno jak najszybciej ukazać się w „Postępach Astronomii".

Jerzy Kuczyński
Planetarium Śląskie
Chorzów

* * *

(...) Ludwig Oster w swoim podręczniku („Astronomia Współczesna" Wyd. III W-wa 1986 PWN) na s. 121 pisał: „Obecnie potrafimy dość dobrze wyobrazić sobie powstawanie gwiazd takich jak Słońce Znacznie mniej jednak wiemy o powstawaniu planet, a niemal zupełnie nic o powstaniu ich satelitów". Według moich wyobrażeń — jeżeli nie wie się „niemal nic" o narodzinach księżyców i niewiele więcej o genezie planet — nie wie się także niczego o powstaniu Układu. Trzeba wreszcie zawołać „król jest nagi" i zrobił to wspomniany autor, czym dał dowód swojej naukowej uczciwości. Ale, jak się okazuje, Redakcja PA jest poinformowana lepiej. Poklepując bowiem protekcjonalnie po plecach odsyła mnie do publikacji, z których ma wynikać, że „Proces formowania się Układu jest w ogólnym zarysie (uwaga! eufemizm!) znany, chociaż wiedza ta na pewno jest zbyt mało spopularyzowana".

Jeżeli jednak jest tak dobrze, to dlaczego jest tak źle? Dlaczego utytułowani popularyzatorzy nie chwytają za pióra i nie nauczają maluczkich? [...] Ze wskazanej mi przez Redakcję literatury nie skorzystam. Ta bowiem lansuje mechanizm planetotwórczy, którym nie można by tłumaczyć nawet utworzenia planet Wolszczana, a tym bardziej — tak pięknego i pełnego zaskakujących zjawisk Układu Słonecznego. Mam do tego swoje wyobrażenia o genezie Układu Konfrontuję je ze znanymi mi faktami od półwiecza i wydaje mi się, że tłumaczą je one nie tylko „w ogólnym zarysie", ale także i często w szczegółach. Są to jednak wyobrażenia wyrosłe na gruncie nauk o Ziemi. Chętnie jednak poczytam o tym, jak wyobrażają sobie powstanie Ziemi kosmogoniści urzędowi. Sądzę przy tym, że podobnych do mnie osób spragnionych wiedzy o powstaniu Układu byłoby więcej. Wydaje mi się więc, że Redakcja PA zamiast wodzić czytelników po bezdrożach Wszechświata, różnego rodzaju mgławicach i czarnych dziurach — mogłaby znaleźć trochę miejsca „na łamach" dla popularyzacji tego fundamentalnego przecież zagadnienia. [...]

Jerzy Tyszka, *Kalisz*

UWAGA, MIŁOŚNICY ASTRONOMII !

Prywatne Wydawnictwo Naukowe „VEGA", ul. Lotnicza 4A, 95-035 Ozorków, tel. (0-42) 18-86-82, oferuje w sprzedaży wysyłkowej szeroki asortyment literatury astronomicznej oraz sprzętu obserwacyjnego (książki, mapy i atlasy nieba, kalendarze, teleskopy zwierciadlane itp.).

Spośród wielu pozycji wydawniczych polecamy szczególnie nasz kwartalnik **„VADEMECUM MIŁOŚNIKA ASTRONOMII"**, który zawiera m.in.:

- kalendarzyk astronomiczny, informujący o najważniejszych zjawiskach astronomicznych i aktualnym położeniu planet na niebie,
- przewodnik po gwiazdozbiorach, ułatwiający rozpoznanie poszczególnych konstelacji oraz ciekawych obiektów typu mgławic, galaktyk itp.,
- praktyczne porady z zakresu prowadzenia obserwacji, fotografowania nieba oraz konstrukcji sprzętu obserwacyjnego,
- ogłoszenia, konkursy, recenzje książek itp.

UWAGA! W każdym numerze naszego kwartalnika znajduje się kompletny wykaz literatury astronomicznej oraz sprzętu obserwacyjnego, który posiadamy w sprzedaży.

Najkorzystniejszą formą zakupu „VADEMECUM MIŁOŚNIKA ASTRONOMII" jest prenumerata. Cena pojedynczego egz. razem z wysyłką wynosi 3,40 zł (koszt prenumeraty całorocznej — 13,60 zł). Czasopismo wysyłamy po otrzymaniu listownego lub telefonicznego zamówienia (płatne po odbiorze przesyłki).

ZAPRASZAMY DO PRENUMERATY „VADEMECUM MIŁOŚNIKA ASTRONOMII"

Postępy Astronomii

(PL ISSN 0032-5414)

są kwartalnikiem poświęconym popularyzacji astronomii. Pismo jest oficjalnym organem Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, założonego w roku 1923. *POSTĘPY ASTRONOMII* ukazują się od 1953 roku, a od 1991 roku w zmienionej formie i nowej szacie graficznej.

Redaktor naczelny:
Andrzej Woszczyk (CA UMK Toruń)

Kolegium redakcyjne:
Roman Schreiber (CAMK Toruń)
Andrzej Sołtan (CAMK Warszawa)

Opracowanie graficzne i skład komputerowy:
Jacek Drążkowski

Korekta: Agnieszka Bojarska

Redakcja w Toruniu:
ul. Chopina 12/18; 87-100 Toruń
tel. (0-56) 260-18 w. 51

Poczta elektroniczna (e-mail adress):
aw@astri.uni.torun.pl

Redakcja w Warszawie:
Centrum Astronomiczne
im. Mikołaja Kopernika PAN
ul. Bartycka 18, 00-716 Warszawa

Adres WWW:
http://postepy.camk.edu.pl

Druk:
Zakład Poligraficzno-Wydawniczy *POZKAL*, Inowrocław

Dystrybucja:
Barbara Gertner, UMK,
ul. Chopina 12/18, 87-100 Toruń
tel. (0-56) 65 40 676 wewn. 14
e-mail: basia@astri.uni.torun.pl

Numer zamknięto w maju 1997 r.

*** Materiałów nie zamówionych Redakcja nie zwraca * Przedruk materiałów i zdjęć tylko za zgodą Redakcji * Opinie i poglądy formułowane przez Redakcję i autorów nie reprezentują oficjalnego stanowiska Towarzystwa ***

© POSTĘPY ASTRONOMII 1997

Materiały dotyczące wyników obserwacji teleskopu kosmicznego Hubble'a uzyskano dzięki uprzejmości doktora F. Duccio Macchetto, przedstawiciela Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA) w *Space Telescope Science Institute* w Baltimore (USA)

W NUMERZE

4 **KOSMOLOG Z PETERSBURGA**
Michał Heller

Wcale nie należy wymuszać na równaniach, by przedstawiały Wszechświat niezmienny, statyczny. „Krzywizna przestrzeni może zmieniać się w czasie" — zauważa Friedman. Wszechświat może podlegać wielkoskalowym zmianom, może być ewolucyjny.

8 **O POCHODZENIU PIERWIASTKÓW**
Kazimierz Grotowski

Wybuchy supernowych uważa się dzisiaj za jedyne źródło pierwiastków cięższych od żelaza. Jądra tych pierwiastków powstają przez wielokrotne przyłączanie neutronów. Z atomów tych pierwiastków, rozproszonych po wybuchu w przestrzeni kosmicznej, powstała nasza Ziemia. Mogę Państwa zapewnić, że każdy atom naszego ciała, cięższy od wodoru i helu, powstał we wnętrzu gwiazdy, a cięższe od żelaza atomy, jak np. jod, pochodzą z eksplozji supernowych.

12 **RADAROWE OBSERWACJE PLANETOID**
Steven J. Ostro

Prawie wszystkie obserwacje radarowe podają charakterystykę rozkładu echa odbitego od planetki w postaci opóźnienia czasowego (odległości) i częstotliwości dopplerowskiej (prędkości radialnej). Takie pomiary są przeprowadzane często z precyzją lepszą niż osiągana w innych naziemnych obserwacjach. W związku z tym mogą one znacząco poprawić orbity i efemerydy.

17 **RADIOŹRÓDŁA W GROMADACH GALAKTYK**
Janina Krempeć-Krygier

Badania stopnia gromadzenia się galaktyk wokół kwazarów wykazały, że odległe radiowo głośne kwazary leżą w bogatych gromadach galaktyk. Natomiast wydawało się, że bliskie kwazary unikają tak bogatych otoczeń. Fisher i inni postanowili to sprawdzić kamerą WFPC2 kosmicznego teleskopu Hubble'a...

22 **DŻETY I WYPŁYWY MOLEKULARNE — NOWA ZAGADKA** *Grzegorz Hrynek*

Wypływy są głównym zjawiskiem towarzyszącym procesowi formowania się nowych gwiazd — mogą zmieniać gęstość gazu wewnątrz jądra, gdzie gwiazda się rodzi i determinować ewolucję gęstości jądra powstającej gwiazdy.

Teleskop Kosmiczny Hubble'a obserwuje
Ewolucja głowy komety Hale'a-Boppa widziana z kosmosu (okł. II); Mgławica Laguna M8 (wkł. I)

25 **rozmaitości**
Ganimedes widziany z bliska (25); HET — nowy gigantyczny teleskop w Teksasie (27); Rotacja małych planet (28); Koniec misji Pioniera 10 (29); Zagadka SN1987A rozwiązana? (30); Pożegnanie z planetą 51 Peg? (32)

36 **W kraju...**
Tysiąc zebrań naukowych OA UJ (36); Konferencja MUA w Poznaniu (41)

34 **In memoriam: Wiktor A. Ambarcumian 1908 -1996**

42 **Astronomia w szkole:**
Dlaczego budujemy duże teleskopy? (42); XLI Olimpiada Astronomiczna (43); XIII Ogólnopolskie Seminarium Astronomiczne (45)

46 **Felieton:** STENTOR LUNARIS CRACOVIENSIS

48 **Konkurs o kometach — rozstrzygnięcie**

NA OKŁADCE

Niewątpliwa atrakcja na niebie AD 1997 — kometa Hale'a-Boppa — na zdjęciu wykonanym przez p. Janusza Wilanda z Warszawy.

Prezentowane zdjęcie zostało uzyskane 1 kwietnia b.r. o godz. 21:40 CWE (kometa znajdowała się w peryhelium) na terenie Puszczy Kampinoskiej. Ekspozycja 5-minutowa na filmie Fuji Super G 400 ASA przy pomocy teleobiektywu 135 mm.

KOSMOLOG Z PETERSBURGA

Michał Heller

Świat Einsteina i światy Friedmana

Po opublikowaniu prac Einsteina i de Sittera w kosmologii zapanował impas. Kosmologiczny model Einsteina przedstawia świat statyczny z gęstością materii różną od zera; wszechświat de Sittera jest pusty (ściślej: gęstość materii w modelu de Sittera jest równa zeru) i ma dość zaskakujące własności geometryczne. Pomiędzy Einsteinem a de Sitterem nawiązała się polemika, w której każdy z tych uczonych starał się przekonać przeciwnika o wyższości swojego rozwiązania.

Tymczasem w dalekim — już nie Petersburgu, a jeszcze nie Leningradzie, na razie więc w Piotrogrodzie — matematyk i meteorolog, Aleksander Aleksandrowicz Friedman, zainteresował się kosmologicznymi równaniami Einsteina. W 1922 r., w 11. tomie jednego z najbardziej prestiżowych czasopism fizycznych lat międzywojennych, *Zeitschrift für Physik*, ukazała się praca Friedmana zatytułowana *O krzywiźnie przestrzeni*. Dziś często mówi się o kosmologii Friedmana, a praca ta weszła do naukowej klasyki XX w. Ale nie stało się to od razu. Droga do sukcesu bywa trudna, a niekiedy sława przychodzi za późno.

Friedman potraktował równania Einsteina jak matematyk. Zanim podał interpretację, wniknął w ich strukturę; zanim zaczął szukać rozwiązania, zapytał, jakie najbardziej ogólne założenia można by przyjąć. I wówczas natychmiast okazało się, że wcale nie należy wymuszać na równaniach, by przedstawiały Wszechświat niezmienny, statyczny. „Krzywizna przestrzeni może zmieniać się w czasie" — zauważa Friedman. Wszechświat może podlegać wielkoskalowym zmianom, może być ewolucyjny.

Z chwilą gdy założenia zostały sformułowane, rozwiązanie równań było już tylko kwestią rachunkowej techniki, którą Friedman władał doskonale. Pamiętamy, że Einstein dodał do swoich równań człon ze stałą kosmologiczną, by w ten sposób wymusić na równaniach rozwiązanie przedstawiające niezmienny, statyczny Wszechświat. Friedman zachował człon ze stałą kosmologiczną (gdyż jako matematyk cenił sobie ogólność, a równania z członem kosmologicznym są bardziej ogólne niż bez niego), a mimo to znalazł wiele rozwiązań przedstawiających światy niestatyczne, rozszerzające się. Okazało się, że rozwiązanie statyczne jest tylko jedno, dokładnie to, które znalazł Einstein w 1917 r. Wszystkie inne rozwiązania przedstawiają światy ewolucyjne. Wśród rozwiązań Friedmana znalazł się także pusty świat de Sittera. I przy okazji wyjaśnił się paradoks jego pustki. Wyobraźmy sobie Wszechświat, który zawiera materię i rozszerza się. Ponieważ materii w nim nie przybywa, a objętość rośnie, gęstość materii musi się zmniejszać. Jeżeli rozszerzanie się Wszechświata trwa nieograniczenie, gęstość materii dąży do zera, Wszechświat zmierza do stanu pustki. Pusty Wszechświat de Sittera jest więc niczym innym, jak tylko końcowym (granicznym) stadium każdego rozszerzającego się modelu kosmologicznego.

Uwagę Friedmana zwróciła jeszcze jedna własność znalezionych rozwiązań. Rozszerzanie się Wszechświata oznacza, że wszystkie galaktyki wypełniające ten Wszechświat uciekają od siebie i jeżeli spojrzymy na ten proces w odwróconym czasie, tzn. jeżeli rozszerzanie zamienimy na kurczenie, to w skończonym czasie cała materia Wszechświata musi się znaleźć w jednym punkcie. Punkt ten nazywa się dziś osobliwością początkową. Niektóre światy Friedmana mają także osobliwości końcowe: po fazie rozszerzania następuje faza kurczenia i wszystko zapada się do stanu z nieskończoną gęstością.

Friedman był wyraźnie zafascynowany tymi cechami swoich modeli. Ślady tego zafascynowania widać w bardzo subtelnych analizach, jakim poddał on zagadnienie osobliwości. Wiele lat trzeba będzie czekać, aż inni kosmologowie podejmą ten wątek rozważań Friedmana. Okres dzielący nas od początkowej osobliwości Friedman nie zawahał się nazwać „czasem, jaki upłynął od początku świata". Niewykluczone, że ta krótka uwaga przyczyniła się do wrogości, jaką władze radzieckie wkrótce zaczęły darzyć kosmologię relatywistyczną.

Od roku 1912 astronomowie mierzyli przesunięcia ku czerwieni w widmach tak zwanych podówczas mgławic spiralnych. Od roku 1923 wiedzieli już, że mgławice te są w istocie odległymi galaktykami i zaczęli podejrzewać, że wszystkie galaktyki oddalają się od siebie. Rzecz ciekawa, że Einstein, gdy tworzył swój pierwszy model kosmologiczny i gdy potem dyskutował z de Sitterem, nie miał pojęcia o tych odkryciach. Tym dziwniejsze, że de Sitter jako wybitny astronom był o tym wszystkim doskonale poinformowany. W dalekim Piotrogrodzie Friedman miał prawo „nie być na bieżąco" w najnowszych odkryciach astronomicznych. W swoim artykule wyraził on przekonanie, że nauka nie dysponuje jeszcze wystarczającymi danymi astronomicznymi, by zawyrokować, któremu ze znalezionych przez niego modeli odpowiada rzeczywisty Wszechświat. Odważył się jednak na pewne oszacowania, w wyniku których jako przypuszczalny wiek Wszechświata (licząc od początkowej osobliwości) otrzymał ok. 10 miliardów lat. Friedman miał dobre wyczucie. Liczba ta co do rzędu wielkości zgadza się z naszymi obecnymi oszacowaniami wieku Wszechświata.

Polemika z Einsteinem

Einstein przeczytał pracę Friedmana, ale nie był z niej zadowolony. Nie podobała mu się idea ewolucyjnego świata i jego początku. Napisał więc krótką notkę do *Zeitschrift für Physik*, w której zarzucił Friedmanowi błąd, a jego wyniki nazwał „podejrzanymi".

Friedman dowiedział się o tej notce jeszcze przed jej opublikowaniem z listu jednego ze swoich przyjaciół, nazwiskiem Krutkow, który znał Einsteina i akurat był za granicą. Można przypuszczać, jak bardzo Friedman przeżył negatywną opinię cieszącego się podówczas ogromną sławą Einsteina. Napisał do niego dość długi list, w którym wykazywał, że to nie on, Friedman, popełnił błąd w obliczeniach i zapewne niecierpliwie czekał na odpowiedź.

List Friedmana nie zastał Einsteina w Berlinie. Einstein w tym czasie podróżował po Szwajcarii, Francji i Japonii. Podczas podróży dowiedział się, że została mu przyznana nagroda Nobla. Dopiero po kilku miesiącach powrócił do Berlina, ale prawdopodobnie listu Friedmana nie przeczytał. Można sobie wyobrazić wielką stertę listów, prac do oceny i próśb o rekomendacje, jaka na Einsteina czekała w Berlinie. Wielcy ludzie często nie są w stanie czytać całej korespondencji nadsyłanej pod ich adresem.

Dwa miesiące po powrocie do Berlina Einstein udał się do Lejdy na uroczystości związane z przejściem na emeryturę swojego przyjaciela, znanego fizyka Hendricha Antona Lorentza. Tam zastał go Krutkow i w długiej dyskusji przekonał go o poprawności pracy Friedmana. W liście do swojej siostry, Tatiany Aleksandrownej, Krutkow napisał, że zwyciężył Einsteina w sporze o Friedmana: „Honor Piotrogrodu został ocalony".

Po tej dyskusji Einstein poczuł się w obowiązku napisania nowej notki do *Zeitschrift für Physik*. Brzmi ona: „W poprzedniej notce poddałem krytyce wyżej wymienioną [w tytule notki] pracę. Jednakże moja krytyka, jak przekonałem się z listu Friedmana, przedstawionego mi przez p. Krutkowa [widocznie Krutkow dysponował kopią tego listu], opierała się na błędzie w obliczeniach. Uważam wyniki p. Friedmana za poprawne i rzucające nowe światło. Okazuje się, że równania pola dopuszczają dla struktury przestrzeni na równi ze statycznymi także i dynamiczne (tj. zmieniające się w czasie) rozwiązania".

W 1924 r. Friedman opublikował w *Zeitschrift für Physik* drugą pracę kosmologiczną, w której znalazł wiele nowych rozwiązań równań Einsteina. W swoim pierwszym artykule Friedman rozważał tylko takie modele kosmologiczne, w których przestrzeń ma dodatnią krzywiznę; teraz znalazł rozwiązania przedstawiające światy z ujemną krzywizną przestrzeni. Ciekawe, że nigdy nie przebadał jeszcze trzeciej możliwej, i w pewnym sensie najprostszej, klasy rozwiązań, a mianowicie rozwiązań przedstawiających światy płaskie, z zerową krzywizną przestrzeni.

Mimo uznania swojej „porażki" Einstein jeszcze ciągle z nieufnością odnosił się do idei ewoluującego Wszechświata. Dopiero po r. 1930, gdy dowiedział się o pomiarach przesunięcia ku czerwieni w widmach galaktyk i gdy było już ich tyle, że nie dało się podważać ich wiarygodności, poddał się całkowicie i uznał, że świat, w którym żyjemy, naprawdę się rozszerza i że odkryte przez niego równania pola grawitacyjnego wiedziały o tym wcześniej niż on sam. Friedman już wtedy nie żył. W przeciwieństwie do Einsteina sławę zyskał długo po śmierci.

Kosmologia i polityka

W historii nauki jest dość częstym zjawiskiem, że to samo odkrycie bywa dokonywane niezależnie i prawie równocześnie przez dwu uczonych. Świadczy to o pewnego rodzaju logice rozwoju nauki: rozwiązania znajduje się, gdy sytuacja problemowa dojrzewa do rozwiązania. Tak było w przypadku Aleksandra Friedmana. Miał on swojego „odpowiednika" na Zachodzie; był nim belgijski ksiądz, Georges Lemaître. Paralelizm pierwszych prac Friedmana i Lemaître'a jest uderzający, ale Lemaître żył znacznie dłużej niż Friedman i miał okazję brać czynny udział w dalszych dziejach bujnie rozwijającej się kosmologii.

Kosmologię powstałą w okresie międzywojennym często nazywa się kosmologią Friedmana-Lemaître'a. Nic więc dziwnego, że kosmologowie dzisiejsi są zainteresowani postaciami tych dwu uczonych. Informacje na temat Lemaître'a można łatwo uzyskać. Był on całe swoje naukowe życie profesorem w Louvain. Tam też dziś znajduje się małe muzeum poświęcone jemu i archiwum pism, jakie pozostawił.[1] Natomiast do niedawna informacje, jakie krążyły na Zachodzie o życiu Friedmana, były fragmentaryczne i niepełne.

Kiedyś na międzynarodowej konferencji spotkałem, nieżyjącego już dziś, wybitnego rosyjskiego kosmologa, Jakowa Zeldowicza. W trakcie rozmowy, która wkrótce zeszła na Friedmana i Lemaître'a, wręcz go zapytałem o losy tego pierwszego. Zeldowicz odpowiedział: „Lemaître nigdy nie był głodny". A potem dodał: „Friedman miał szczęście, że umarł w 1925 r." Wtedy mogłem się tylko domyślać, co Zeldowicz miał na myśli.

W 1988 r. ukazała się wreszcie w języku rosyjskim biografia Friedmana pióra autorów, którym można zaufać. Byli nimi E. A. Tropp, W Ya. Frenkel i A. D. Czernin.[2] Istotnie, Friedman często bywał głodny. W Piotrogrodzie w okresie po rewolucji życie było bardzo trudne. Były profesor Friedmana, Władimir Andriejewicz Stieklow, sam wybitny uczony - matematyk i fizyk, w swoich prowadzonych z dnia na dzień pamiętnikach pod datą 29 czerwca 1920 r. napisał: „Zjawili się u mnie Tamarkin, Friedman i Gawriłow... Zasiedzieli się prawie do pierwszej godziny w nocy, wypili cały samowar wody. Przynieśli więcej niż jeden funt soli! Dobrze zrobili!"

Podczas wojny Friedman był na froncie, służył w lotnictwie, prowadził badania dotyczące torów bomb zrzucanych z samolotów, wykładał aeronawigację w szkole lotniczej (w Kijowie). Po wojnie dwa lata pracował na uniwersytecie w Permie (na Uralu). Następnie powrócił do Piotrogrodu i jakiś czas potem został zatrudniony w Głównym Obserwatorium Fizycznym, gdzie organizował Oddział Teoretycznej Meteorologii, którego potem został dyrektorem. Friedman był niewątpliwie predysponowany do tej funkcji. Od dawna dobrze znał problemy fizyki atmosfery, a jego lotnicza praktyka wojenna w nowej pracy okazywała się bardzo pomocna.

Dnia 18 lipca 1925 r. Friedman, razem z pilotem P. F. Fiedosiejenką, odbył lot balonem w celach badawczych. Obaj aeronauci pobili rekord wysokości, osiągając pułap 7400 m. Z naukowego punktu widzenia lot był sukcesem, ale dla Friedmana, nie cieszącego się silnym zdrowiem, wysiłek fizyczny, a zwłaszcza trudności z oddychaniem na dużej wysokości, okazały się fatalne. Wyczerpany pracą i trudnymi warunkami życia organizm uległ panoszącej się wówczas w mieście epidemii tyfusu brzusznego. Friedman zmarł 16 września 1925 r.

Dlaczego „miał szczęście", że umarł na tyfus? W latach dwudziestych zaczęła się ustalać w kosmologii idea rozszerzającego się Wszechświata, a wraz z nią idea jego początku. Ale nowi władcy Związku Radzieckiego głosili doktrynę materializmu dialektycznego, który utrzymywał, że świat jest wieczny. Partyjni ideologowie dostrzegli w kosmologii zagrożenie dla swojej doktryny. Kosmologia w Związku Radzieckim najpierw była niemile widziana, a potem została zakazana. Ogłoszono ją nauką burżuazyjną i „klechowstwem" („popowszczina") — niedwuznaczna aluzja do Lemaître'a, który — jak wiadomo — był księdzem.

[1] Po podziale uniwersytetu na flamandzkie Leuven i walońskie Louvain-la-Neuve, muzeum i archiwum Lemaître'a znalazło się w tym drugim.

[2] *Aleksandr Aleksandrowicz Fridman - żizn' i diejatielnost'*, Nauka, Moskwa 1988.

Znamienne pod tym względem są dzieje innego radzieckiego kosmologa George'a Gamowa. Zapoznał się on z teorią względności, słuchając wykładów Friedmana i, jak wielu innych, został urzeczony jej pięknem. Pewnego dnia Gamow przeczytał w *Encyklopedii radzieckiej* artykuł podpisany przez niejakiego Gessena. Autor ten utrzymywał, że teoria względności jest fałszywa, ponieważ sprzeciwia się materializmowi. Gamow wysłał do Gessena telegram, wyśmiewający takie postawienie sprawy. Telegram podpisał także Landau (późniejszy laureat nagrody Nobla) i trzech innych fizyków. Szykany administracyjne wkrótce przekonały młodych uczonych, że tu nie ma żartów. Gamow postanowił uciec ze Związku Radzieckiego. Wraz z żoną podjął dość szaleńczą próbę ucieczki łódką z Krymu do Turcji. Wiosłując, trzeba było pokonać 270 km Morza Czarnego. Próba nie powiodła się. Burza wyrzuciła desperatów z powrotem na brzeg rosyjski. Na szczęście straż graniczna tego nie zauważyła. Dopiero w 1933 r. udało się Gamowowi wraz z małżonką pozostać na Zachodzie. Dzięki pomocy przyjaciół otrzymał od władz pozwolenie wyjazdu na międzynarodowy zjazd fizyków do Brukseli. Nigdy już potem nie wrócił do Rosji.

Po śmierci Friedmana próbowano kontynuować w Leningradzie (bo tak wkrótce przezwano Piotrogród) tradycję badań nad teorią względności. W mieście pozostał były współpracownik Friedmana Wsiewołod Konstantinowicz Frederiks. Razem z Friedmanem zamierzał on napisać monografię o teorii względności. Ukazał się jedynie pierwszy tom w 1924 r., pt. *Podstawy teorii względności. Część I: Rachunek tensorowy*. Ważne prace dotyczące teorii względności wyszły także spod pióra M. P. Bronsztajna. M.in. był on autorem pracy o kwantowej naturze fal grawitacyjnych.

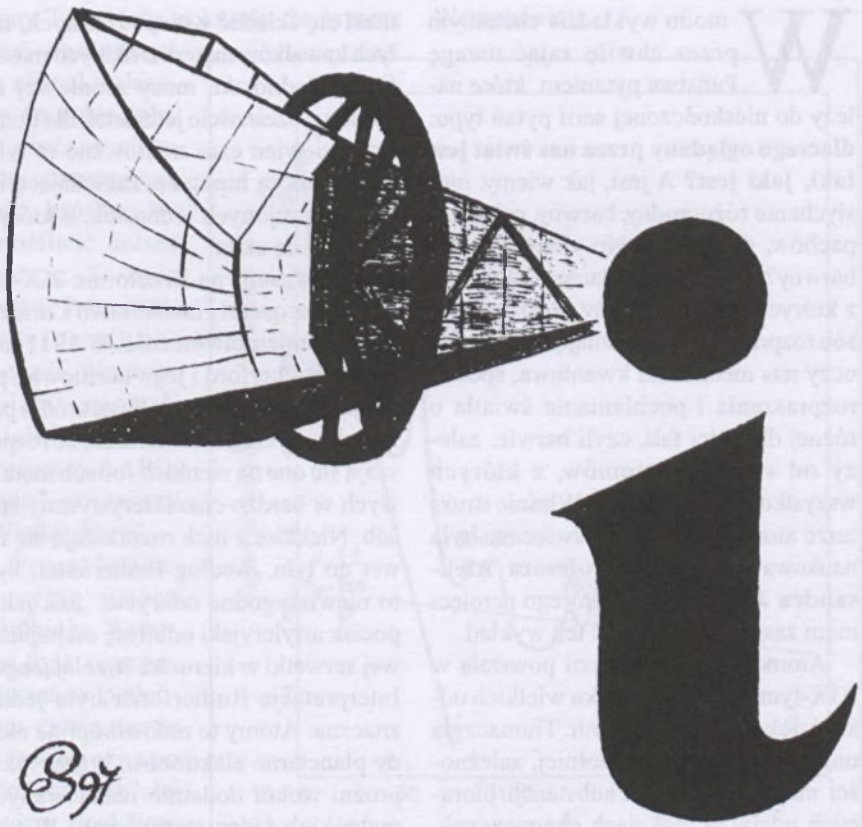
Autorzy wspomnianej wyżej biografii Friedmana piszą, że „Frederiks i Bronsztajn byli bezpośrednimi spadkobiercami kosmologicznych tradycji", ale „ani jednemu, ani drugiemu nie było sądzonym przeżyć tragicznej bariery 1937 roku". Los tych dwu uczonych staje się jasny, jeżeli pamiętać, że był to rok, w którym Stalin „likwidował" swoich ideowych przeciwników. Istotnie, miał rację Zeldowicz, kiedy powiedział, że Friedman miał szczęście, iż umarł na tyfus w 1925 r.

Przyszły lata, w których pseudouczony, Łysenko, dyktował, co jest dopuszczalną nauką, a co „burżuazyjną propagandą". Oprócz kosmologii na banicję została skazana logika formalna, genetyka i potem cybernetyka. Dopiero w latach sześćdziesiątych nastąpiła zmiana na lepsze. Jak mówił mi jeden z rosyjskich uczonych, bynajmniej nie dlatego, że na Kremlu zrozumiano, iż nie można „prikazami" dyktować nauce, które teorie jej wolno uznawać, a które z góry muszą być uznane za niedozwolone, lecz dlatego, że do władzy doszła klika osobistych przeciwników Łysenki i jego szkoły.

Kosmologia zaczęła wracać do łask trochę wcześniej dzięki sprytnemu zabiegowi fizyka A. L. Zelmanowa. Zelmanow mianowicie wymyślił określenie *Metagalaktyka* na obserwowalną część Wszechświata. Wszechświat jest wszystkim, co istnieje i nim zajmuje się filozofia, oczywiście filozofia marksistowska. Metagalaktyka natomiast to tylko ta część Wszechświata, którą można obserwować. I tylko ten wycinek Wszechświata bada kosmologia. Wnioski kosmologii nie mogą więc obalać twierdzeń filozofii. Władze jakoś przełknęły ten wybieg i kosmologia w Rosji stopniowo zaczęła odżywać. Z czasem w Moskwie powstał jeden z najsilniejszych światowych ośrodków uprawiających kosmologię relatywistyczną.

Jak widzimy, historia kosmologii ma także swoje ciemne karty. Ale i z nich można się czegoś nauczyć: właśnie w takich dramatycznych okresach najlepiej ujawnia się ludzkie dążenie do prawdy. Bo chyba tak to trzeba nazwać. Zakłamanie jest bardzo kruchym fundamentem. Łatwiej doprowadzić do upadku imperium niż siłą zatamować rozwój naukowej teorii.

Ksiądz Profesor Michał Heller jest kosmologiem, autorem wielu książek o narodzinach i rozwoju Wszechświata, wykładowcą na Wydziale Filozofii Papieskiej Akademii Teologicznej w Krakowie oraz członkiem Papieskiej Akademii Nauk.



A jednak szumi...

O POCHODZENIU PIERWIASTKÓW

Jak gwiazdy żyją i umierają

Kazimierz Grotowski

Toruńscy Fizycy postanowili w roku 1988 uczcić dziewięćdziesiątą rocznicę urodzin profesora Aleksandra Jabłońskiego, twórcy ośrodka badań fizycznych Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, specjalnym wykładem Jego imienia. Od tego czasu w kolejne rocznice urodzin odbywają się wykłady imienia Aleksandra Jabłońskiego, wygłaszane przez znakomitych fizyków i astronomów polskich, które skupiają liczne grono słuchaczy. Ostatni taki wykład wygłosił 27 lutego 1997 r. prof Kazimierz Grotowski z Krakowa. Jesteśmy bardzo wdzięczni Panu Profesorowi, że zgodził się przedstawić ten wykład również na łamach „Postępów Astronomii". Pewne fragmenty tego opracowania stanowiły wykład inauguracyjny wygłoszony w Uniwersytecie Jagiellońskim 1 października 1996 r.

W moim wykładzie chciałbym przez chwilę zająć uwagę Państwa pytaniem, które należy do nieskończonej serii pytań typu: **dlaczego oglądany przez nas świat jest taki, jaki jest?** A jest, jak wiemy, niesłychanie różnorodny, barwny, pełen zapachów, dźwięków. Np. dlaczego jest barwny? Oczywiście dlatego, że atomy, z których jest zbudowany, w różny sposób rozpraszają i pochłaniają światło. Jak uczy nas mechanika kwantowa, sposób rozpraszania i pochłaniania światła o różnej długości fali, czyli barwie, zależy od struktury atomów, z których wszystko jest zbudowane. Właśnie strukturze atomów i drobin poświęcona była naukowa działalność **Profesora Aleksandra Jabłońskiego**, którego pamięci mam zaszczyt poświęcić ten wykład.

Atomowa teoria materii powstała w XIX-tym wieku, w wyniku wielkich odkryć dokonanych w chemii. Tłumaczyła ona, niezrozumiałe wcześniej, zależności między ciężarami substancji biorących udział w reakcjach chemicznych. Powiedzmy, dlaczego potrzeba około 2 gramów wodoru i 16 gramów tlenu, aby otrzymać 18 gramów wody? Aby to wyjaśnić, należy przyjąć, że substancja musi się składać z niepodzielnych, małych kawałków materii o różnych masach (jedna jednostka masy atomowej dla wodoru i szesnaście jednostek dla tlenu). Przez pewien czas traktowano to tylko jako roboczą hipotezę, zakładającą istnienie „urojonych jednostek, z których składają się ciała".

Tymczasem na przełomie XX-ego wieku Becquerel i małżeństwo Curie odkryli promieniotwórczość. W 1911 roku Ernest Rutherford i jego uczniowie, posługując się cząstkami alfa ze źródła promieniotwórczego, stwierdzili, że rozpraszają się one na cienkich foliach metalowych w bardzo charakterystyczny sposób. Niektóre z nich rozpraszają się nawet do tyłu. Według Rutherforda, było to niewiarygodne odkrycie: „tak jakby pocisk artyleryjski odbił się od papierowej serwetki w kierunku strzelającego". Interpretacja Rutherforda była jednoznaczna: Atomy to mikroskopijne układy planetarne elektronów, krążących w próżni wokół dodatnio naładowanych, maleńkich jąder atomowych. W tych właśnie jądrach atomowych skupiona jest niemal cała masa substancji. Na nich rozpraszają się cząstki alfa podobnie do kul bilardowych. Ten obraz maleńkich układów planetarnych zgadzał się z zadziwiającą intuicją Demokryta z Abdery, który już w V-tym wieku przed narodzeniem Chrystusa mówił, że *„nie istnieje nic oprócz atomów i pustej przestrzeni; wszystko poza tym jest opinią"*. Zarówno starożytnym Grekom, jak i współczesnym Rutherforda trudno się było z tym pogodzić. Bo przeczyło to świadectwu zmysłów.

Przyrodnicy mieli zawsze problemy z przekonywaniem opinii publicznej do naukowej interpretacji zjawisk tego Świata. Nie wszyscy wiedzą, że oprócz znanego sporu Galileusza o obrót Ziemi wokół Słońca, miał on wcześniej kłopoty, związane z wynalezieniem lunety i odkryciem księżyców Jowisza. Uważano, że jeśli luneta pokazuje wokół Jowisza więcej ciał niż gołe oko, to luneta musi kłamać. Pewien kolega Galileusza powiedział wręcz, że on też mógłby odkryć te cztery księżyce, gdyby wbudował je w jakieś szkła. Było to wręcz oskarżenie o fałszerstwo i to ze strony ówczesnego środowiska naukowego.

Struktura atomu zmienia się z liczbą jego elektronów i od niej zależy nie tylko sposób oddziaływania z fotonami światła, ale również własności chemicz-

ne. A właśnie własności chemiczne atomów i rodzaj tworzonych z nich drobin chemicznych decydują o różnorodności otaczającego nas Świata. W jakiś nie znany jeszcze dzisiaj sposób zadecydowały one kiedyś o pojawieniu się życia.

Jak nas uczyli w szkole, istnieją 92 pierwiastki, czyli rodzaje materii zbudowane z atomów o tej samej liczbie elektronów. Dlaczego tylko 92? Wynika to z warunków stabilności ich jąder atomowych. Jądro atomowe zbudowane jest z protonów i neutronów, związanych siłami jądrowymi. Ale odpychające siły elektryczne pomiędzy dodatnio naładowanymi protonami dążą do rozerwania jądra atomowego. Jeśli ich liczba przekroczy 92, jądro atomowe rozpada się. Ciężkie jądra atomowe łatwiej się rozpadają również ze względu na stosunkowo dużą powierzchnię. A na powierzchni nukleony są słabiej wiązane. Charakter sił jądrowych jest bardzo skomplikowany. Jest on konsekwencją zupełnie ogólnych zasad symetrii, które rządzą Wszechświatem.

Rozpowszechnienie pierwiastków jest bardzo zróżnicowane. Okazuje się, że skład materii (tzw. krzywa rozpowszechnienia pierwiastków naszej Galaktyki, **rys.1**) wykazuje olbrzymią liczebną przewagę najlżejszych atomów, wodoru i helu. Udział atomów pozostałych pierwiastków stanowi mniej niż 1 procent. Prawie 90 procent tej reszty to atomy węgla, tlenu, azotu i neonu. Na krzywej rozpowszechnienia pierwiastków występują charakterystyczne maksima, których nie będę oczywiście omawiać.

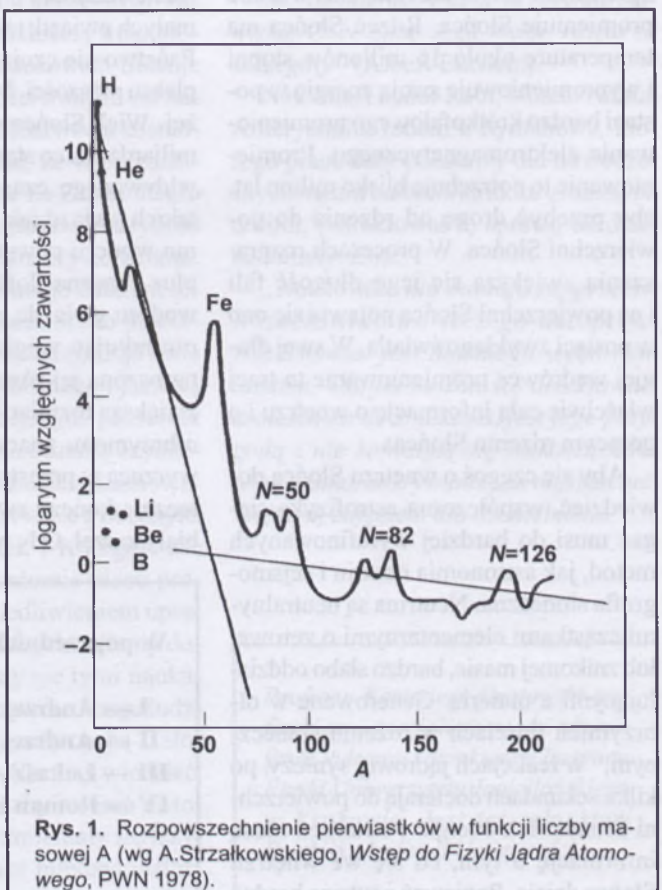
Wielkie odkrycia astronomii i radioastronomii, dokonane w tym kończącym się stuleciu, pokazały, że Wszechświat się rozszerza i że wypełniony jest mikrofalowym promieniowaniem, które, jak dzisiaj wiemy, jest pozostałością Wielkiego Wybuchu. Ten Wielki Wybuch ok. 10 do 15 miliardów lat temu utworzył materię i przestrzeń, w której żyjemy.

Przez znaczną część naszego stulecia trwał spór o pochodzenie Wszechświata. Pokażę Państwu, że jego tłem był spór o pochodzenie pierwiastków. Ścierały się tutaj dwie teorie, lub nawet dwie filozofie.

Pierwsza z nich, teoria Wielkiego Wybuchu, łatwo tłumaczyła zjawisko rozszerzania się Wszechświata. Jej źródeł szukać można w pracach belgijskiego księdza i kosmologa, Georgesa-Henri Lemaître'a, opublikowanych ok. 1930 r. Ostateczne jej sformułowanie podali pod koniec lat 40-tych Gamow, Alpher i Herman. Dwaj ostatni przewidzieli, że Wielki Wybuch zostawił po sobie resztkowe promieniowanie mikrofalowe, ale ówczesne środki techniczne nie pozwalały na ich wykrycie. Teoria Wielkiego Wybuchu była od początku atakowana za postulowanie „początku" Wszechświata, przed którym nie istniało nic, nawet prawa fizyki. Wielki autorytet i nauczyciel Lemaître'a, Arthur Eddington, krytykował go mówiąc, że wolałby teorię, wg której początek „nie byłby tak gwałtowny". Potępiał on koncepcję początku kosmosu również ze względów filozoficznych, bo „pojęcie początku Natury było dla niego odpychające". Twórcy teorii Wielkiego Wybuchu uważali, że w pierwszych kilku minutach musiała panować bardzo wysoka temperatura i ciśnienie, a więc warunki, w których pierwotne protony i neutrony, poprzez kolejne reakcje syntezy, mogły tworzyć atomy wszystkich pierwiastków. Wysoka temperatura (prędkość cząstek) była niezbędna, by pokonać barierę kulombowskiego odpychania protonów, a wysokie ciśnienie zwiększało prawdopodobieństwo łączenia się jąder atomowych. Niestety, eksperymenty wykonane w Chicago w 1950 r. przez Enrico Fermi i Anthony Turkevicha pokazały, że synteza musi ograniczyć się niemal wyłącznie do jąder helu, bo cięższe nieco jądra atomowe żyją zbyt krótko, by umożliwić dalszą syntezę. To była klęska. Przeciwnicy tej teorii powstania Wszechświata nazwali Wielki Wybuch szyderczym „Big Bang", co znaczy „Wielkie Bum".

Drugą, konkurencyjną wobec Wielkiego Wybuchu, była, zaproponowana w podobnym czasie, teoria „stacjonarnego Wszechświata". Jej autorzy, Fred Hoyle, Thomas Gold i Hermann Bondi twierdzili, że Wszechświat zawsze istniał i zawsze istnieć będzie. Jego rozszerzanie się tłumaczyli ciągłym wytwarzaniem nowej materii we Wszechświecie z szybkością około jednego atomu na sekundę, w każdym sześcianie przestrzeni o boku 160 km. Autorzy tej teorii woleli pogodzić się z pogwałceniem zasady zachowania energii i masy, aby tylko Wszechświat zawsze istniał wraz z prawami fizyki.

Teoria „stacjonarnego Wszechświata" upadła po zaobserwowaniu w 1964 r., przez Penziasa i Wilsona, promieniowania mikrofalowego — pozostałości Wielkiego Wybuchu. Penzias i Wilson pracowali w laboratorium Bella, prowadząc pomiary, których celem było sprawdzenie możliwości komunikacji satelitarnej. Za pomocą specjalnej anteny, mającej kształt rogu, o rozmiarach sporego domu, odbierali sygnały radiowe nadane z ziemi i odbite od satelity Echo 1, który był olbrzymim balonem. Okazało się, że oprócz tych sygnałów antena odbiera dziwny szum, promieniowanie mikrofalowe o długości fali 7.36 cm. Było to resztkowe promieniowanie, przewidziane przez Alphera i Hermana. Odpowiada ono temperaturze zaledwie 3.5 stopnia powyżej zera bezwzględnego. Taka jest średnia temperatura dzisiejszego Wszechświata.



Rys. 1. Rozpowszechnienie pierwiastków w funkcji liczby masowej A (wg A.Strzałkowskiego, *Wstęp do Fizyki Jądra Atomowego*, PWN 1978).

Ostateczną kropkę nad „i" postawił satelita COBE, który przed 4 laty, krążąc naokoło Ziemi, bardzo precyzyjnie, z dokładnością do jednej stutysięcznej, zmierzył przewidywane przez teorię maleńkie fluktuacje temperatury promieniowania resztkowego. Są one obrazem pierwotnych zaburzeń czasoprzestrzeni po Wielkim Wybuchu.

Niestety, jak wiemy, Wielki Wybuch nie rozwiązuje problemu powstania pierwiastków. Należało znaleźć inne rozwiązanie. Wielkie zasługi położył tutaj jeden z autorów upadłej teorii „stacjonarnego Wszechświata" Fred Hoyle. Wraz z Williamem Fowlerem oraz Geoffreyem i Margaret Burbridge'mi pokazali oni, że pierwiastki cięższe od helu są produkowane w gwiazdach. I tutaj dochodzę do ostatniej części mojej krótkiej opowieści o powstawaniu pierwiastków.

Gwiazdy rodzą się z gazu kosmicznego, którym jest głównie wodór i hel. Mgławica takiego gazu kurczy się pod wpływem grawitacji i rozgrzewa się, zamieniając energię potencjalną swych cząstek na energię kinetyczną. Jeśli masa tak powstającej protogwiazdy jest dostatecznie duża, temperatura i ciśnienie w jej centrum wystarczają do zapoczątkowania reakcji jądrowej syntezy. Reakcjom tym towarzyszy wydzielanie ogromnych ilości energii. Tak właśnie promieniuje Słońce. Rdzeń Słońca ma temperaturę około 16 milionów stopni i wypromieniowuje swoją energię w postaci bardzo krótkofalowego promieniowania elektromagnetycznego. Promieniowanie to potrzebuje blisko milion lat, aby przebyć drogę od rdzenia do powierzchni Słońca. W procesach rozpraszania zwiększa się jego długość fali i na powierzchni Słońca pojawia się ono w postaci zwykłego światła. W swej długiej wędrówce promieniowanie to traci właściwie całą informację o wnętrzu i o gorącym rdzeniu Słońca.

Aby się czegoś o wnętrzu Słońca dowiedzieć, współczesna astrofizyka sięgać musi do bardziej wyrafinowanych metod, jak astronomia neutrin i sejsmografia słoneczna. Neutrina są neutralnymi cząstkami elementarnymi o zerowej lub znikomej masie, bardzo słabo oddziałującymi z materią. Generowane w olbrzymich ilościach w rdzeniu słonecznym, w reakcjach jądrowej syntezy, po kilku sekundach docierają do powierzchni Słońca. Ich energia i strumień niosą informację o tym, co się we wnętrzu Słońca dzieje. Ponieważ neutrina bardzo słabo oddziałują z materią, dla ich detekcji niezbędne są olbrzymie detektory, umieszczane głęboko pod ziemią, aby zredukować tło od innych procesów, generowanych przez promienie kosmiczne. Jeden z nich, zwany GALLEX pracuje w tunelu, pod przełęczą Gran Sasso, niedaleko Rzymu. Moi koledzy z Instytutu Fizyki UJ biorą czynny udział w tym przedsięwzięciu naukowym. Okazuje się, że zmierzony strumień neutrin jest około 30 % mniejszy od przewidywanego przez standardowy model gwiazd (Słońca). Jak zawsze w nauce ta niezgodność może być interesującym sygnałem nowych zjawisk, tym razem w astrofizyce lub fizyce cząstek elementarnych.

Sejsmografia słoneczna polega na obserwacji drgań powierzchni Słońca. Drgania te sprzężone są z falami akustycznymi, które się we wnętrzu Słońca rozchodzą. Niosą one informację o rozkładzie gęstości i ruchach materii w Słońcu.

Powierzchnia Słońca ma temperaturę kilku tysięcy stopni. Stamtąd pochodzi cała energia podtrzymująca życie na Ziemi. Chaotyczne zmiany temperatury i pola magnetycznego na powierzchni Słońca prowadzą do erupcji materii, wpływając na klimat naszej planety.

Gwiazdy naszego Wszechświata mają różne rozmiary i masy. Najwięcej jest małych gwiazd, takich jak Słońce. Niech Państwo nie czują z tego powodu kompleksu niższości. Małe gwiazdy żyją dłużej. Wiek Słońca szacuje się na ok. 4.5 miliarda lat, co stanowi ok. połowę przewidywanego czasu życia. We wnętrzu takich gwiazd jak Słońce, z 4 jąder atomu wodoru powstaje jądro atomu helu plus znaczna ilość energii. Po zużyciu wodoru gwiazda zaczyna „spalać" hel, produkując węgiel. Zostaje przy tym naruszona jej równowaga. Gwałtownie zwiększa rozmiary, staje się czerwonym olbrzymem, znaczną część swej masy wyrzuca w przestrzeń kosmiczną i ostatecznie kończy swój żywot jako zimny biały karzeł. Gdy nasze Słońce stanie się czerwonym olbrzymem, cały nasz układ planetarny znajdzie się w jego wnętrzu.

Gwiazdy dużo cięższe od Słońca w reakcjach łączenia się jąder atomowych produkują kolejno cięższe od węgla pierwiastki, ale kończy się to w okolicy żelaza, bo tutaj reakcje syntezy zamiast dostarczać energii, zaczynają energię zużywać. Końcowa faza tego procesu przebiega niesłychanie gwałtownie i kończy się eksplozją, którą nazywamy wybuchem supernowej. Jest to bardzo spektakularne zjawisko. Gwiazda zwiększa swą jasność nawet 100 milionów razy i czasem może być widziana gołym okiem jako nowa gwiazda, której jasność w czasie zanika. Pozostaje po niej rozszerzająca się mgławica. Taką właśnie jest mgławica Krab w gwiazdozbiorze Byka. Jak można sądzić z kronik chińskich, japońskich i arabskich, w tym miejscu w 1054 r. po narodzeniu Chrystusa zajaśniała gwiazda, widoczna w dzień przez 23 dni, a w nocy przez 2 lata. Ostatni bliski wybuch supernowej zauważono 10 lat temu w Wielkim Obłoku Magellana i obserwowano wszystkimi, dostępnymi obecnie, metodami.

Wybuchy supernowych uważa się dzisiaj za jedyne źródło pierwiastków cięższych od żelaza. Jądra tych pierwiastków powstają przez wielokrotne przyłączanie neutronów, których potężne strumienie towarzyszą temu zjawisku. Z atomów tych pierwiastków, rozproszonych po wybuchu w przestrzeni kosmicznej, powstała nasza Ziemia. Mogę Państwa zapewnić, że każdy atom naszego ciała, cięższy od wodoru i helu, powstał we wnętrzu gwiazdy, a cięższe od żelaza atomy, jak np. jod, pochodzą z eksplozji supernowych.

Fale uderzeniowe i potężne pola elektromagnetyczne, które towarzyszą eksplozjom supernowych, przyspieszają niektóre atomy pierwiastków, powstałych w wybuchu, do bardzo wysokich energii. Pod postacią promieni kosmicznych docierają one do górnych warstw naszej atmosfery. Wiemy o nich z pomia-

W poprzednich latach Wykłady im. Aleksandra Jabłońskiego wygłosili:

I — Andrzej Trautman (1988)
II — Andrzej Hrynkiewicz (1989)
III — Łukasz A. Turski (1990)
IV — Roman S. Ingarden (1991)
V — Janusz Zakrzewski (1992)
VI — Andrzej Białas (1993)
VII — Włodzimierz Kolos (1994)
VIII — Kacper Zalewski (1995)
IX — Józef Smak (1995)

rów, prowadzonych z pokładów sztucznych satelitów, jak również z pomiarów prowadzonych na ziemi, za pomocą układów detekcyjnych o powierzchniach porównywalnych do kilometrów kwadratowych. Skład materii tego promieniowania odpowiada w przybliżeniu krzywej rozpowszechnienia pierwiastków naszej Galaktyki — w zgodzie z hipotezą produkcji pierwiastków w gwiazdach.

W tym miejscu warto powiedzieć, że wprawdzie występujące w naturalny sposób pierwiastki mają maksymalnie 92 elektrony (liczba atomowa 92), to jednak potrafimy, w reakcjach jądrowych, wytwarzać pierwiastki o wyższej liczbie atomowej, tyle tylko, że będą one krótko żyły. Adam Sobiczewski, fizyk z Warszawy, zasugerował możliwość wytworzenia pierwiastków supercięższych z liczbą atomową 110 i 111. Zostały one znalezione ostatnio przez grupę Armbrustera w Darmstadt.

Istnieje specjalny program wykrywania eksplozji supernowych. Oczywiście nie wszystkie następują tak blisko, by można je było obserwować gołym okiem. Znaczną rolę odgrywają tutaj amatorzy, którzy na różnych kontynentach, za pomocą mniejszych teleskopów, dla przyjemności, poświęcają noce dla obserwacji nieba.

Wybuchy supernowych są bardzo ciekawym zjawiskiem, którego natura jest pilnie badana. W niektórych takich wybuchach rodzą się gwiazdy neutronowe oraz prawdopodobnie czarne dziury. Wszędzie tam materia jądrowa występuje w makroskopowych ilościach. Dla zrozumienia tych zjawisk powinniśmy znać makroskopowe jej własności, jak rozszerzalność cieplną, ściśliwość, ciepło właściwe, entropię czy wykładniki krytyczne przejść fazowych. Ich pomiary są bardzo trudne, bo na Ziemi materia ta występuje tylko w postaci niewyobrażalnie małych kropelek, które nazywamy jądrami atomowymi. Nie da się kontrolować ich ciśnienia i temperatury, zamykając w cylindrach pod tłokiem, lub w termostatach, jak to się robi w klasycznej termodynamice. Termodynamiczne własności tych kropelek badamy zderzając ciężkie jony, rozpędzone do wysokich energii, i obserwując eksplozje powstających tak gorących jąder atomowych, za pomocą układów setek detektorów. Moi koledzy spędzają całe dnie przy monitorach komputerów, analizując takie zdarzenia.

Mam przyjemność wygłaszać mój odczyt w Toruniu, gdzie zgodnie z wielką tradycją Mikołaja Kopernika astronomia uprawiana jest na światowym poziomie. W ostatnich dziesięcioleciach nastąpił niesłychany rozwój tej gałęzi nauki i ogólniej — astrofizyki. Korzysta ona z osiągnięć fizyki cząstek elementarnych, teorii względności, fizyki jądrowej, optyki, fizyki fazy skondensowanej. Zaangażowano tutaj najnowocześniejsze metody pomiarowe i rozwiązania techniczne. Podobną sytuację mamy w biologii, która wykorzystuje nowoczesne metody chemii i fizyki. Jak to zawsze było, postęp w naukach przyrodniczych odbywa się na tle wielkich osiągnięć matematyki.

Szanowni Państwo. Mam nadzieję, że stwierdzenie, iż „z kosmicznego pyłu powstałeś i w kosmiczny pył się obrócisz" nie nastroi nikogo pesymistycznie w tym tak uroczystym dniu poświęconym pamięci Profesora Aleksandra Jabłońskiego. Nie to było moim zamierzeniem. Chciałem natomiast przedstawić Państwu przykład badań, które prowadzone są dzisiaj w tzw. naukach podstawowych, którym Profesor Jabłoński poświecił swoje życie. Możecie Państwo postawić pytanie: po co to robicie? Oczywiście mam prawo powiedzieć, że badania podstawowe dnia dzisiejszego zawsze były i będą przyszłością technologii i praktycznych zastosowań. Stosuje się to nawet dla tak oderwanych od naszej Ziemi badań jak obserwacja kosmosu. Wiemy na przykład, że w przeszłości, kilkakrotnie, życie na Ziemi uległo niemal całkowitej zagładzie w wyniku zderzenia z planetoidami czy kometami. Wiemy również, że istnieje całkiem realna możliwość, że może się to powtórzyć. Coraz więcej wiadomo, skąd takie planetoidy i komety pochodzą i jakie są ich ruchy. Przy dzisiejszym poziomie techniki zaczynamy mieć szansę czynnego zapobieżenia takiemu kataklizmowi.

Nie zdziwię się, jeśli wiele z obecnych tutaj moich Koleżanek i Kolegów nie zgodzi się z tym świadomie nieco prowokacyjnym usprawiedliwieniem uprawiania nauk podstawowych. Wiemy doskonale, że zajmujemy się tymi naukami, bo wymaga tego natura rodzaju ludzkiego. Charakterystyczną cechą Człowieka jest ciekawość. Chcemy wiedzieć, skąd pochodzimy, jaka była nasza historia, jak powstawały i zmieniały się języki, zwyczaje, stosunki międzyludzkie. Chcemy wiedzieć, kim naprawdę jest Człowiek i jaki jest Wszechświat, w którym żyjemy. Oprócz literatury i sztuki nauka jest istotną częścią kultury każdego narodu.

Nie znaczy to bynajmniej, że ciekawość poznawcza prześladuje w jednakowym stopniu wszystkich ludzi. Wystarczy przytoczyć wypowiedź znanego reżysera filmowego Bunuela: Ten „szał rozumienia — całe życie zadręczano mnie kretyńskimi pytaniami: dlaczego to? Dlaczego tamto? — to jedno z nieszczęść naszej natury. Gdybyśmy byli zdolni do oddania własnych losów przypadkowi i uznania bez wahań, że życie jest tajemnicą, bylibyśmy bliscy swego rodzaju szczęścia, dość podobnego do niewinności".

Niektórzy traktują problem poznania Świata z większym humorem, jak np. Lawrence, pisarz angielski, nieco starszego pokolenia: „Lubię teorię względności i kwantową, bo ich nie rozumiem i przez nie mam wrażenie, jak gdyby przestrzeń wierciła się ciągle jak niespokojny łabędź, co nie usiedzi w miejscu i nie pozwala się zmierzyć; i jak gdyby atom był czymś impulsywnym, ciągle zmieniającym swe zamiary".

Oczywiście innego zdania są ludzie z branży.

„Chcę wiedzieć, jak Bóg stworzył ten świat. Nie interesuje mnie to czy inne zjawisko. Chcę znać Jego myśli, reszta to szczegóły" (Albert Einstein).

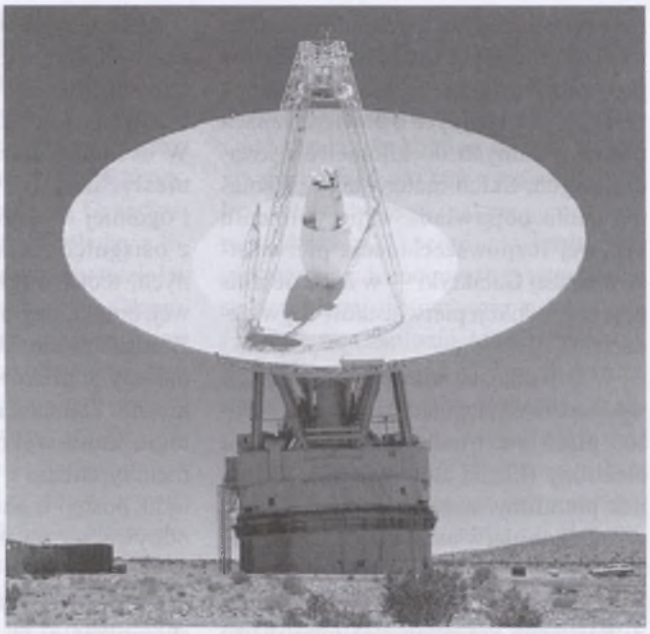
Natomiast Isidor Rabi, laureat Nobla, Amerykanin, rodem z Rymanowa, którego prace dały podstawy dla nowoczesnych metod badania struktur złożonych drobin, potraktował tę sprawę bardziej hedonistycznie:

„Naukowiec nie buntuje się przeciw Wszechświatowi, lecz go akceptuje. Wszechświat jest dla niego wybornym daniem, którym można się delektować, królestwem do zbadania, jest jego przygodą i nie kończącą się rozkoszą. Mówiąc krótko, odkrywanie jest najszlachetniejszym zajęciem dla dżentelmena".

Profesor Kazimierz Grotowski jest fizykiem, specjalistą w dziedzinie fizyki jądrowej i dyrektorem Instytutu Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie. Jest też członkiem Polskiej Akademii Umiejętności.

RADAROWE OBSERWACJE PLANETOID

Steven J. Ostro



Na zdjęciu: 70 metrowa antena Goldstone w Kaliforni (DSS-14) najczęściej używana do obserwacji radarowych planetoid i planet.

Wstęp

Prawie wszystkie obserwacje radarowe podają charakterystykę rozkładu echa odbitego od planetki w postaci opóźnienia czasowego (odległości) i częstotliwości dopplerowskiej (prędkości radialnej). Takie pomiary, ortogonalne do tradycyjnych kątowych pomiarów astrometrycznych na niebie, są przeprowadzane w dobrze znanym układzie „absolutnym" efemeryd planetarnych, często z precyzją dużo lepszą niż osiągana w innych naziemnych obserwacjach. W związku z tym mogą one znacząco poprawić orbity i efemerydy. Takie podejście jest jeszcze bardziej prawdziwe dla planetek zbliżających się do Ziemi (Near Earth Asteroids — NEA's), które są najbardziej obiecującymi celami obserwacji radarowych, a obserwowane są w coraz większej ilości dzięki intensyfikacji programów poszukiwawczych opierających się na technice CCD. Dodatkowym ułatwieniem w badaniu planetek przechodzących bardzo blisko Ziemi jest charakter zależności natężenia odbitego sygnału od odległości obiektu. Energia odbitej fali radiowej jest bowiem odwrotnie proporcjonalna do czwartej potęgi odległości odbijającego obiektu. Z tych właśnie powodów chciałbym poświęcić większość tego artykułu planetoidom zbliżającym się do Ziemi (NEAs).

Systemy i techniki

Większość opublikowanych dotychczas obserwacji radarowych przeprowadzono przy użyciu systemów radarowych w Arecibo i Goldstone, najbardziej czułych na Ziemi. Astronomia radarowa ma długą historię również w Rosji i przez ostatnie kilka lat dwuantenowe obserwacje radarowe przeprowadzano przy użyciu kombinacji anten rosyjskich, niemieckich, japońskich i amerykańskich. Unowocześniony 305 m system radarowy Arecibo, który rozpoczął obserwacje pod koniec 1996 roku, będzie prawie 40 razy czulszy od 70 m anteny Goldstone (DSS-14), która z kolei jest wielokrotnie czulsza od innych dostępnych systemów radarowych. System Arecibo ma dwukrotnie większy zasięg i obejmuje trzykrotnie więcej przestrzeni niż system Goldstone. System Goldstone, w pełni sterowalny, będzie widział dwukrotnie więcej nieba i pokryje trzykrotnie większy zakres w kącie godzinnym niż Arecibo, który może obserwować tylko do około 20 stopni odległości zenitalnej.

Czułość jest podstawowym, ale nie jedynym, czynnikiem ograniczającym możliwości systemów radarowych. Okazuje się, że dwuantenowe systemy radarowe mogą przewyższać pojedyncze w przypadku obserwacji bliskich lub szybko poruszających się obiektów (NEA's). Pełna sterowalność teleskopu jest generalnie zaletą nawet w przypadku dalekich obiektów (np. z systemu Saturna). Podwójne układy np. 70 m anteny Goldstone, jako nadawczej i drugiej 34 m anteny Goldstone (DSS-13) lub układu 27 anten Very Large Array (VLA) w Nowym Meksyku jako odbiorczych, dały wyjątkowe rezultaty. Na przykład interferometryczne obserwacje układu Goldstone-VLA dają rozdzielczość obrazu rzędu 0.″25 (odpowiednio 2′ dla pojedynczego teleskopu) i astrometrię z dokładnością 0.″01 w radiowym układzie odniesienia. Przyszłe dwuantenowe eksperymenty mają połączyć Arecibo lub Goldstone ze 100 m teleskopem Greenbank (GBT, na razie w budowie).

W najprostszych eksperymentach radarowych emitowany jest wysoko monochromatyczny, ciągły sygnał (2380 MHz, 13 cm dla Arecibo; 8510 MHz, 3.5 cm dla Goldstone). Odbiornik ustawia się tak, aby odebrać odbitą od obiektu falę o częstotliwości zmienionej przez zjawisko Dopplera, używając przewidywanej efemerydy obliczonej wstępnie na podstawie optycznej astrometrii. Następnie mierzy się poprawkę do efemerydy i wprowadza się ją do obliczeń orbitalnych otrzymując poprawioną efemerydę dopplerowską. Podobnie pomiary odległości dają zmienioną w czasie falę i poprawkę do przewidywanego opóźnienia sygnału odbitego od planetki. (Mój przegląd planetarnej astronomii radarowej z 1993 roku opisuje dokładniej techniki obserwacji).

W celu uniknięcia znaczącego spadku siły echa wskazane jest ustawianie teleskopu z dokładnością około 20 sekund łuku. Aby system rejestracji danych mógł używać wąskiego pasma dla częstotliwości, potrzebne są małe niepewności częstotliwości sygnału. W ogólności echo odbite od planetki należy rejestrować odpowiednio długo, aby zniwelować szum.

Tempo zmian błędu przewidywanego opóźnienia jest równe przewidywanemu błędowi częstotliwości pomnożo-

nemu przez odwrotność emitowanej częstotliwości. Błąd częstotliwości równy 1 Hz (połowa długości fali na sekundę) odpowiada błędowi opóźnienia rzędu 36 i 10 μs na dzień dla częstotliwości emitowanych w Arecibo i Goldstone. W praktyce używa się dobrej rozdzielczości radarowej astrometrii do udokładniania orbit, w celu otrzymania bardzo dokładnej pozycji obiektu.

Astrometria

Relacjonując radarowe obserwacje astrometryczne wyszczególnia się następujące punkty odniesienia: antenę nadawczą, antenę odbiorczą oraz obiekt. Wyznaczenie orbity odnosi się do centrum masy obiektu (COM — center of mass), a echo odbijane jest przez jego powierzchnię, więc ostatecznie niepewność kształtu i rozmiarów może być głównym źródłem błędów astrometrycznych. Stąd poprawianie orbit jest ściśle związane z wyznaczaniem fizycznych własności obiektu. Pomiary radarowe dające nowe informacje o rozmiarach, kształcie, rotacji i własności powierzchni mogą dostarczać precyzyjniejszych danych astrometrycznych i odwrotnie. Względna użyteczność różnych rodzajów informacji zależy od skali danych radarowch, informacji dostępnych wcześniej oraz wysublimowania techniki analizy danych. Pomiary odległości mogą dać lepszą precyzję niż same pomiary częstotliwości, przez to są bardziej użyteczne, ale wymagają silniejszego echa.

Obserwacje radarowe planetoid rozpoczęto w 1968 roku, ale dopiero Yeomans *i inni* (1987) dwadzieścia lat później przeprowadzili systematyczne badania użyteczności danych z obserwacji radarowych do poprawiania orbit i przewidywanych efemeryd komet i planetek. Pokazali, że pojedynczy pomiar radarowy umożliwia ponowne odszukanie nowo odkrytych planetek, znacznie zmniejszając niepewność wyznaczenia pozycji w porównaniu z optyczną astrometrią. Nawet w przypadku planetek obserwowanych optycznie przez długi czas kilka pomiarów radarowych może zmniejszyć rozmiary elipsoidy błędu pozycji o czynnik dwa w porównaniu z dziesięcioletnim okresem obserwacji optycznych.

Użyteczne pomiary prędkości radialnej zostały przeprowadzone dla 38 NEAs, a pomiary odległości zastosowano do 17 NEAs i 3 planetek z głównego pasa. Wszystkie tego typu obserwacje z lat 1980-1990 zostały opublikowane przez S. Ostro *i innych* w 1991 roku. Praca ta zawiera również informacje o wszystkich obserwacjach radarowych planetoid i komet przeprowadzonych do 1990 roku. Yeomans *i inni* (1992) wyznaczyli orbity dla każdego z tych obiektów. Błędy efemeryd opartych wyłącznie na obserwacjach optycznych wynoszą około 100 000 km dla niedawno odkrytych NEAs, ale rzadko przekraczają kilka promieni obiektu dla planetek z głównego pasa. Tabela 1 prezentuje dane dotyczące obserwacji radarowych dla całkiem dużych planetek podczas ich zbliżenia do Ziemi.

W zasadzie nietrudno jest rozłożyć taki obiekt na 10 000 pikseli. Sekwencja obrazów może być przetworzona w dokładny model fizyczny (Hudson, 1993), a jednocześnie umożliwia wyznaczenie środka masy obiektu z dokładnością porównywalną lub mniejszą od dokładności obserwacji radarowych. Innymi słowy nowoczesne systemy radarowe pozwalają na astrometryczne wyznaczenie środka masy obiektu z kilkucentymetrową dokładnością. Pozwolę sobie teraz przedstawić postęp radarowej astrometrii na podstawie doświadczeń zdobytych podczas obserwacji kilku NEAs.

1862 APOLLO

W 1980 roku w Arecibo po raz pierwszy i to z trudnością udało nam się obserwować planetkę zbliżającą się do Ziemi (Ostro *i inni*, 1991). Krótko po rozpoczęciu obserwacji B. G. Marsden poinformował nas telefonicznie, że nowe optyczne obserwacje astrometryczne ujawniły błąd rzędu kilku minut łuku w efemerydzie naszego obiektu. Po wprowadzeniu poprawki zobaczyliśmy echo znacznie silniejsze od dotychczas obserwowanych w innych planetkowych eksperymentach radarowych.

Osiągana rozdzielczość obrazu była ograniczona przez posiadany sprzęt i oprogramowanie użyte do zapamiętywania danych i wynosiła tylko 10 pikseli dla częstotliwości i 1.5 piksela dla opóźnienia. Początkowe poprawki dla opóźnienia do pierwotnych efemeryd wynosiły około 21 ms.

4769 CASTALIA (1989 PB)

Castalia została odkryta 9 sierpnia 1989 roku przez E. F. Helin. Dwa dni później obliczenia orbitalne pokazały, że obiekt ten zbliża się do Ziemi i przejdzie przez pole widzenia teleskopu Arecibo w dniach 19-22 sierpnia w odległości obiecującej znacznie silniejsze echo niż w przypadku wcześniejszych obserwacji radarowych. Czas ten był już zarezerwowany dla planetki 12 Victoria. 26 sierpnia Castalia przeszła w odległości 0.027 AU od Ziemi (11 odległości Ziemia-Księżyc), w momencie maksymalnego zbliżenia Voyagera 2 do Neptuna. (70-m antena Goldstone używana do komunikacji z Voyagerem była nieosiągalna dla obserwacji radarowych aż do 30 sierpnia 1989). Bardzo wartościowe obserwacje przeprowadzono w Arecibo w dniach 19-22 sierpnia. Dzięki wielu obserwacjom astrometrycznym przeprowadzonym w tygodniu poprzedzającym maksymalne zbliżenie planetki do Ziemi mogliśmy być pewni, że uda nam się trafić w planetkę. Szczególnie ważne obserwacje astrometryczne przeprowadzili: R. McNaught w Siding Springs pomimo niewielkiej odległości planetki od znajdującego się w prawie pełni Księżyca oraz dwóch obserwatorów z Wielkiej Brytanii (J. D. Shankin w Cambridge i B. Manning w Stakenbridge), którzy wykonali pomiary podczas całkowitego zaćmienia Księżyca 17 sierpnia 1989.

Pierwsze obserwacje w Arecibo ujawniły błędy efemerydy rzędu 200 Hz i 60 ms (1.5 promienia Ziemi). Do 22 sierpnia J. F. Chandler z Center for Astrophysics używał astrometrii radarowej do poprawiania dopplerowskich efemeryd, które przesyłał do Arecibo pocztą elektroniczną. (Przed wprowadzeniem pocz-

Tab. 1. Precyzja pomiarów radarowych.

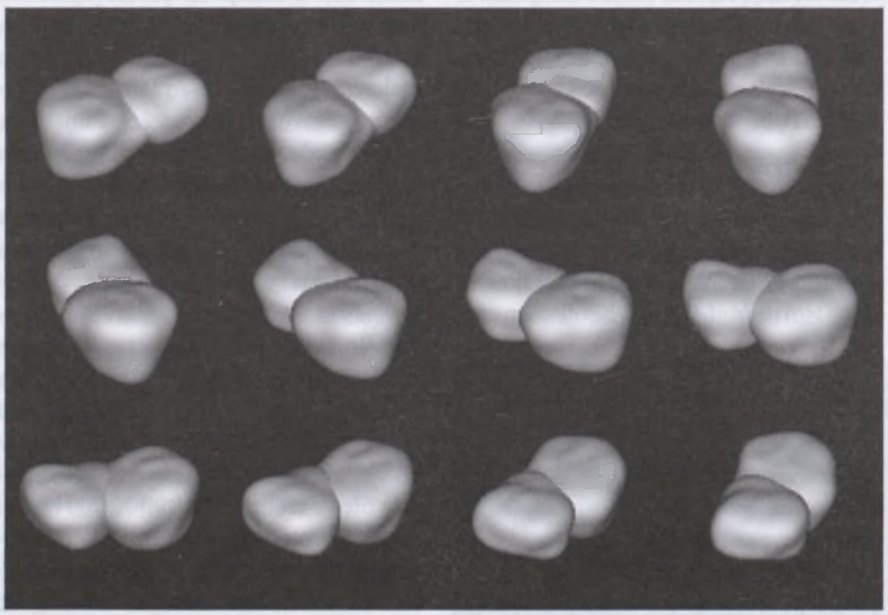
	Zasięg [metry]	Prędkość radialna [m/s]
Rozdzielczość obrazu radarowego	~10	~0.0001
„Rozmiary planetki"	~1000	0.01 do 1
„Położenie planetki"	~10 000 000 000	10 000

ty elektronicznej system opierał się na ekspresowych listach przesyłanych pocztą lotniczą.) Ulepszonej efemerydy użyto do wykonania 64-klatkowego filmu z obserwacji radarowych. Każdy obraz planetki składał się z ok. 30 pikseli, ale rozdzielczość około 150×170 m wystarczyła do ukazania rozkładu echa sugerującego rozczłonkowany kształt planetki. Analiza danych pozwoliła na astrometrię z niepewnością pomiarową spowodowaną przez rozdzielczość obrazu: 2 μs i 1 Hz. Planetka była ponownie obserwowana przez McNaught'a w maju 1990 roku, a jej pozycja wyznaczona na podstawie obserwacji radarowych i optycznych różniła się od przewidywanej zaledwie o 0.4 sekundy łuku, ale o 24 sekundy łuku od pozycji wyznaczonej tylko na podstawie obserwacji optycznych.

Rekonstrukcja kształtu Castalii (Hudson and Ostro 1994) pokazała, że jest to obiekt złożony z dwóch zlepionych ze sobą części, a także poprawiła pozycję środka masy z niepewnością 0.3 μs i 0.1 Hz. Obecne niepewności położenia Castalii podczas jej kolejnego maksymalnego zbliżenia do Ziemi (na odległość 0.025 AU w 2046 roku) wynoszą 3 sekundy łuku i 2000 km (D.K. Yeomans, informacja prywatna).

4179 TOUTATIS (1989 AC = 1934 CT)

Toutatis została odkryta po raz drugi na początku 1989 roku, prawie 4 lata przed jej maksymalnym zbliżeniem do Ziemi na odległość 0.024 AU 8 grudnia 1992 r. Pomimo długiego odstępu czasu dzielącego obserwacje astrometryczne (od 1934 roku do listopada 1992) pierwsze pomiary radarowe poprawiły efemerydy o 2.5 ms. Po udokładnieniu orbit, podczas tygodnia poprzedzającego maksymalne zbliżenie, wszystkie poprawki były mniejsze od szumu związanego z obserwacjami radarowymi (zwykle ok. 2 Hz i ok. 10 ms), tzn. niepewność astrometrii związanej ze środkiem masy Toutatis była spowodowana niepewnością kształtu i rozmiarów planetki. Obrazy ukazały zadziwiający zlepiony z dwóch części obiekt znajdujący się w bardzo niezwykłym stanie rotacji o wielodniowym okresie. Dokładne określenie rotacji (i kształtu) Toutatis wymaga inwersji sekwencji obrazów z założonym modelem (Hudson 1993). Hudson i Ostro (1995) przeprowadzili taki zabieg na obrazach o niskiej rozdzielczości (zwykle 0.5 μs × 0.1 Hz), określając kształt i tensor momentu bezwładności dla tej podwójnej planetki, wzajemną rotację i orientację składników, własności odbijające powierzchni i trajektorię środka masy. Na przykład dla obserwacji w paśmie 8510 MHz przy użyciu DSS14 z 8 grudnia wyliczone opóźnienie i częstotliwość dla środka masy Toutatis otrzymane o 14:40:00 UTC wynosiło 24.202819270 s ± 0.12 μs i 58768.687 ± 0.02 Hz. Rozwiązanie wskazuje, że Toutatis zbliży się do Ziemi na odległość 0.010360 AU (4 odległości Ziemia-Księżyc) 29 września 2004 roku. Będzie to najbliższe przejście przewidziane dla planetoidy czy komety pomiędzy dniem dzisiejszym a rokiem 2060 (Yeomans and Chodas, 1994).



Trójwymiarowy model planetki 4769 Castilia wyprowadzony z obrazów radarowych. Rozdzielczość wynosi ok. 100 m. Ten kontaktowy obiekt podwójny ma „długość" ok. 1.8 km.

Rozmiary Toutatis mierzone wzdłuż osi głównych wynoszą 1.92, 2.40 i 4.6 km. Planetka ta rotuje wokół najdłuższej osi z okresem 5.41 dnia i wykazuje precesję najdłuższej osi wokół wektora momentu pędu z okresem 7.35 dnia. Główne składowe momentu bezwładności są w stosunkach 3.19 i 3.01 z dokładnością 3 procent, a tensor momentu bezwładności jest nierozróżnialny od tensora dla ciała jednorodnego. (Taka informacja powinna być jeszcze wyznaczona dla jakiejkolwiek innej planetki czy komety, a prawdopodobnie jest to niemożliwe do uzyskania w czasie przelotu sondy.) W momencie pisania tego tekstu obrazy o największej rozdzielczości (0.125 μs × 0.008 Hz) są poddawane inwersji. Interesujące będzie jednoczesne dopasowanie kształtu, stanu rotacji i parametrów orbitalnych do obrazów z rozdzielczością kilkuset metrów.

1620 GEOGRAPHOS

Zbliżenie Geographosa do Ziemi 25 sierpnia 1994 roku na odległość 0.0333 AU, najsilniejsze w ciągu najbliższych prawie 200 lat, dało jedyną możliwość obserwacji radarowych tego obiektu w Goldstone. Sonda Clementine nadała szczególnego impetu temu przedsięwzięciu, gdyż miała przelecieć w odległości ok. 100 km od Geographosa z planowaną predkością 10.7 km/s 31 sierpnia 1994 (Nozette and Garret, 1994; niestety błąd komputerowy spowodował utratę łączności z sondą). Mieliśmy zamiar użyć astrometrii radarowej do poprawienia efemerydy tuż przed zbliżeniem oraz chcieliśmy otrzymać obrazy pełnego obrotu planetki w celu zoptymalizowania jej fizycznego modelu.

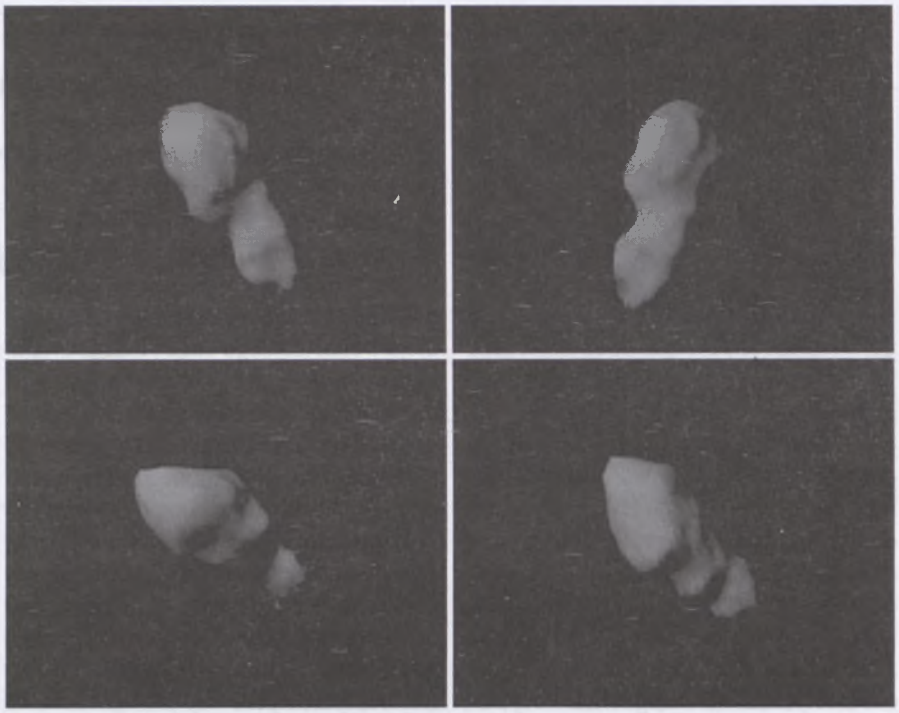
Planetka weszła w okno obserwacyjne systemu radarowego Goldstone 28 sierpnia i Ostro i inni (1996, Icarus) obserwowali ją codziennie przez tydzień, uzyskując ponad 400 obrazów, których liniowa przestrzenna rozdzielczość wahała się pomiędzy 75 i 151 m. Obrazy zawierały wewnętrzną dwuznaczność północ-południe, ale widok równikowy pozwolił na dokładne wyznaczenie kształtu zwróconej do obserwatora sylwetki biegunowej planetki w każdej fazie rotacji. Sumy jednocześnie zarejestrowanych obrazów dały silnie wydłużony kształt tej planetki (Ostro *i in.*,

1995, Nature), ukazując kratery i inne kontrastowe twory na jej powierzchni, a także pokazały niezwykłe wypukłości na końcach planetki, które mogą być związane z miejscami wyrzutu materii. Trajektoria środka masy Geographosa wyznaczona została z obserwacji radarowych z dokładnością ok. 200 m 28 sierpnia i ok. 100 m 31 sierpnia, poprawiło to przedobserwacyjną efemerydę o dwa rzędy wielkości.

Doświadczenia uzyskane z obserwacji radarowych Geographosa sugerują, że możliwe byłoby prowadzenie sondy bez optycznego systemu nawigacyjnego po orbicie wokół planetki, lub spowodowanie zderzenia z nią. W przypadku istnienia odpowiedniego wyposażenia na sondzie radar mógłby znacząco zmniejszyć niepewności nawigacyjne, a może nawet zmniejszyć zużycie paliwa na tyle, aby pozwoliło ono powiększyć masę próbnika przeznaczoną na instrumenty naukowe. Na przykład obserwacje z Goldstone mogły zmniejszyć elipsoidę błędu pozycji Geographosa tuż przed zbliżeniem do niego sondy Clementine 31 sierpnia 1994. Przed obserwacjami z Goldstone przeciętne rozmiary elipsoidy błędu wynosiły ok. 11 km. Pomiary wykonane 28 i 29 sierpnia i wstępna rekonstrukcja kształtu zmniejszają rozmiary elipsoidy wzdłuż linii obserwator — planetka do kilkuset metrów, więc jej rzut w kierunku sondy mógłby wynosić 11× 2 km. Obserwacje astrometryczne przy użyciu układu Goldstone-VLA mogłyby zmniejszyć największy wymiar elipsoidy błędu do ok. 1 km, czyli około połowy najmniejszego wymiaru Geographosa.

6489 GOLEVKA (1991 JX)

Tą planetkę obserwowano z rozdzielczością czasową submikrosekundową w Arecibo i Goldstone, krótko po jej odkryciu przez Helin w 1991 roku. Planetkę odszukano ponownie w marcu 1995, w odległości 5 sekund łuku od pozycji obliczonej na podstawie obserwacji optycznych i radarowych oraz 3600 sekund łuku od pozycji obliczonej na podstawie obserwacji optycznych (D. K. Yeomans, informacja prywatna). Od tego momentu czas potrzebny na poprawianie efemeryd na podstawie danych radarowych został znacznie skrócony dzięki oprogramowaniu OSOD (On-site Orbit Determination Program) D. K. Yeomansa i J. D. Giorginiego z JPL'u. Zainstalowanie tego prostego w obsłudze oprogramowania w Goldstone przed obserwacjami Geographosa umożliwiło nam wprowadzanie radarowych i optycznych poprawek do efemeryd tuż przed obserwacjami. W czerwcu 1995 mieliśmy okazję poznać zalety programu OSOD podczas serii trudnych obserwacji w Goldstone. W czasie od 3 do 8 czerwca przeszliśmy przez 3 generacje rozwiązań dla orbity, aż do momentu kiedy jedynym ograniczeniem była niepewność pozycji środka masy planetki. Na szczęście (dla astrometrii, nie dla obserwacji radarowych) planetka miała tylko kilkaset metrów średnicy, więc opóźnienie czasowe dla wyznaczonego środka masy miało niepewność tylko 2 μs. Do 9 czerwca, kiedy planetka była najbliżej Ziemi (0.034 AU), używaliśmy poprawionych efemeryd, których dokładność, jak się później okazało, wynosiła 0.01 Hz (0.2 mm/s w prędkości radialnej). Przez dwa dni prowadziliśmy radarowe obserwacje używając syntezy apertury anteny nadawczej Goldstone i odbiorczej VLA. Otrzymane obrazy dały kątową pozycję planetki z absolutną niepewnością kilku setnych sekundy łuku (P. Palmer, informacja prywatna). Od 13 do 15 czerwca prowadziliśmy pierwsze międzykontynentalne obserwacje radarowe na podstawie emisji ciągłego sygnału w Goldstone i 70 m antenę w Evpatorii (Ukraina) jako odbiornika echa planetki. Dnia 15 czerwca jako odbiornik echa posłużyła też 34 m antena w Kashimie (Japonia). Pełne dane obserwacyjne radarowe i optyczne z lat 1991-1995 pozwoliły udokładnić całkowanie orbity na następne kilkaset lat (D. K. Yeomans, informacja prywatna).



Komputerowy model planetki 4179 Toutatis otrzymany z obserwacji radarowych. Rozdzielczość obrazu wynosi tu 84 metry.

1996 JG

Planetka ta została odkryta przez Mc Naughta 8 maja 1996 r. 10 minut obserwacji radarowych z 26 maja 1996 ujawniło 580 Hz (20 m/s) poprawkę do optycznych efemeryd. Następnego dnia podczas 5-ciogodzinnego śledzenia planetki wykonaliśmy dwie iteracje przy użyciu programu OSOD, otrzymując efemerydę, dla której przewidywany błąd opóźnienia odbitego sygnału zmniejszył się z ok. 4600 do ok. 20 μs.

Oczekiwania i uwagi końcowe

Unowocześniony teleskop Arecibo powinien rozpocząć pracę za około 6 miesięcy (od momentu pisania tego artykułu). Wkład tego instrumentu do astrometrycznych i fizycznych badań planetoid wydaje się ogromny. Podczas pierwszej dekady jego pracy powinniśmy otrzymać kilkusetpikselowe obrazy dla około 100 planetek z głównego pasa oraz kilkutysięcznopikselowe obrazy dla około 50 planetek zbliżających się do Ziemi. Najlepsze radarowe dane astrometryczne COM powinny mieć dokładność rzędu kilku metrów dla planetek zbliżających się do Ziemi i kilku kilometrów dla planetek głównego pasa. W przeszłości ra-

dar ledwo dosięgał do wewnętrznego krańca głównego pasa planetoid, ale unowocześniony teleskop Arecibo sięgnie głęboko wewnątrz pasa. Instrument powinien być technicznie na tyle sprawny, aby mierzyć średnio jeden obiekt z głównego pasa na tydzień. Krótkookresowe komety, które obecnie zwykle znajdują się na skraju możliwości detekcji, staną się łatwiejsze do obserwacji, a także planetki zbliżające się do Ziemi powinny być obserwowane wielokrotnie częściej.

Poza astrometrią obserwacje radarowe mają wkład do innych dziedzin, np. dynamiki, poprzez dokładne modelowanie kształtu małych ciał zbliżających się do Ziemi. Modele Castalii i Toutatis zostały użyte przez Scheeres'a *i innych.* (1996 i 1995 odpowiednio) do zbadania bliskich orbit wokół tych obiektów. Naszym zadaniem jest zbadanie krótkookresowych zmian i długookresowej stabilności takich orbit w celu zastosowania ich do automatycznych lub pilotowanych sond, naturalnych satelitów i orbitujących odłamków ze zderzeń planetoid. Niemal we wszystkich obliczeniach korzysta się z potencjału grawitacyjnego podanego przez Wernera (1994), w którym kształt ciała opisany jest wielomianem z założeniem jednorodnej gęstości. Stabilne i niestabilne okresowe orbity istnieją wokół każdego ciała i los materiału wyrzuconego z jego powierzchni jest silną funkcją początkowej prędkości i położenia na powierzchni.

Model Castalii jest obecnie używany przez E. Ausphaug'a *i innych* (1996) do symulowania efektów zderzeń o różnych energiach. Jednym z efektów jest wyrzut materiału na orbity powrotne, symulacje dostarczają warunków początkowych do badań dynamicznych dla systemów wielocząstkowych.

Podziękowania

Praca ta była realizowana w Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology w ramach kontraktu z NASA.

Tłumaczyła Agnieszka Kruszczyńska

Dr Steve Ostro jest najwyższym na świecie autorytetem w dziedzinie obserwacji radarowych małych planet. Powyższy artykuł jest tłumaczeniem Jego referatu na Kolokwium MUA nr 165 w Poznaniu. Ma on być opublikowany w materiałach tej Konferencji. Dziękujemy Kluwer Academii Publishers i Autorowi za uprzejmą zgodę na wcześniejsze opublikowanie tych materiałów w PA.

XXVIII Zjazd Polskiego Towarzystwa Astronomicznego

Zarząd Główny
Polskiego Towarzystwa Astronomicznego zaprasza
swych członków i sympatyków
na XXVIII Zjazd
Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, który odbędzie się w Zielonej Górze w dniach od 9 do 12 września 1997 roku.
Gospodarzem Zjazdu będzie Wyższa Szkoła Pedagogiczna, a przewodniczącym Lokalnego Komitetu Organizacyjnego jest prof. Janusz Gil.

Otwarcie Zjazdu nastąpi we wtorek 9 września 1997 r o godz. 12-tej.

W czasie Zjazdu referaty przeglądowe wygłoszą:

J. Gil - Promieniowanie pulsarów

A.Kułak — Kosmiczne uwarunkowania jonosferycznego rezonansu Schumanna

B.Paczyński — Śledzenie zmienności całego nieba

A.Udalski — OGLE-2: warszawski teleskop fotometryczny w Obserwatorium Las Campanas w Chile

R.Wielebiński — Zimny pył w galaktykach

E.Wnuk — Śmieci kosmiczne

A.Wolszczan — Astronomia planet poza Układem Słonecznym

A.Zdziarski — Czarne dziury — promieniowanie rentgenowskie i gamma

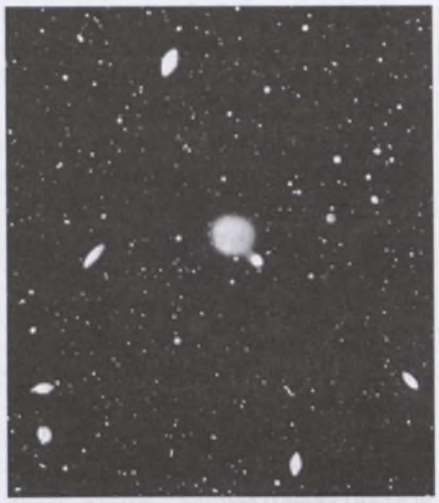
Walne Zebranie członków PTA odbędzie się w dniu 10 września 1997 r. (środa) o godz. 15.00. Tego samego dnia w godzinach rannych odbędzie się „Sesja Dydaktyczna", której organizatorem jest prof. J.Kreiner.

W czwartek 11 września 97 od godz. 14.00 odbędzie się wycieczka „Śladami Keplera".

Wpisowe na Zjazd będzie wynosiło 20.00 zł.

RADIOŹRÓDŁA W GROMADACH GALAKTYK

Janina Krempeć-Krygier



Gromada galaktyk w sensie Abella jest skupiskiem co najmniej 30 galaktyk w sferze o promieniu 1.5 Mpc. Przez bogate gromady galaktyk będziemy rozumieli gromady galaktyk zawierające ponad 80 członkiń. Przestrzenie między galaktykami zapełnione są przez ośrodek międzygalaktyczny (IGM) czy wewnątrzgromadowy (ICM). Gorący gaz o temperaturze (10^7÷10^8) K stanowi główny składnik tego ośrodka. Jedynie 10 % galaktyk pola występuje w gromadach galaktyk, podczas gdy aż 30 % radioźródeł leżących w szerokościach galaktycznych powyżej 25° obserwujemy w bogatych gromadach galaktyk. Często te radioźródła związane są z olbrzymimi centralnymi galaktykami gromad znanymi jako galaktyki cD. Jednakże w wielu gromadach galaktyk spotyka się więcej niż jedno radioźródło. Mogą to być zarówno radiogalaktyki, jak i radiowo głośne kwazary.

Z drugiej strony wykonując rentgenowskie obserwacje odległych radioźródeł możemy w przypadku istnienia rozciągłej rentgenowskiej emisji znaleźć odległe gromady galaktyk. Crawford i Fabian (1993) wykryli pozycyjnym proporcjonalnym licznikiem fotonów (PSPC) umieszczonym na satelicie ROSAT emisję rentgenowską z obszaru jasnej radiogalaktyki 3C356 o przesunięciu ku czerwieni $z = 1.079$. Stwierdzili oni, że wykryta emisja pochodzi z ośrodka ICM rodzimej gromady galaktyk o temperaturze 4 keV, czyli 4.6×10^7 K. Późniejsze obserwacje rentgenowskie o wysokiej rozdzielczości przestrzennej (Crawford i Fabian 1996) potwierdziły, że rentgenowska emisja pochodzi z obszaru o rozmiarach kilkuset kpc, a więc z rentgenowskiego jądra gromady galaktyk i obszaru chłodzenia. Centralne gorętsze obszary gromady galaktyk charakteryzują się wyższą emisją rentgenowską, w wyniku czego szybciej ulegają ochłodzeniu. Pojawia się więc różnica ciśnień między zewnętrznymi i centralnymi obszarami gromady galaktyk, co prowadzi do poddźwiękowego wpływu gazu do chłodniejszych wewnętrznych obszarów. Przepływ ten znany jest jako strumień chłodzenia.

GROMADZENIE SIĘ GALAKTYK WOKÓŁ RADIOŹRÓDEŁ

Najbardziej odległymi radioźródłami są kwazary. W ostatnim dwudziestoleciu wielu autorów dyskutowało stopień gromadzenia się galaktyk wokół kwazarów. Stopień gromadzenia się obiektów we Wszechświecie wokół wybranego źródła opisany jest przez uniwersalną funkcję korelacji ξ. Funkcja korelacji określa nadwyżkę galaktyk w bezpośrednim sąsiedztwie badanego obiektu ponad liczbę galaktyk tła (liczbę galaktyk w dalszych obszarach, gdzie nie ma gromadzenia). Funkcja korelacji galaktyka-kwazar ξ_{qg} zmienia się z przesunięciem ku czerwieni kwazara „z", a więc jego odległością od obserwatora (co równoważne jest czasowi kosmicznemu) oraz odległością galaktyk od kwazara „r". Ma ona postać:

$$\xi_{qg}(r,z) = 1/(1+z)^3 \cdot B_{qg} \cdot r^{-1.77}.$$

B_{qg} jest amplitudą przestrzennej funkcji korelacji. Im wyższa jest ta amplituda tym więcej galaktyk leży w bliskim sąsiedztwie badanego źródła. Amplitudy funkcji korelacji osiągają dla gromad galaktyk Abella następujące wartości:

$B_{gg} \approx 360$ dla gromad zawierających (30 ÷ 49) galaktyk (R=0);

$B_{gg} \approx 645$ dla gromad zawierających (50 ÷ 129) galaktyk (R=1);

$B_{gg} \approx 945$ dla gromad zawierających (130 ÷ 199) galaktyk (R=2);

gdzie „R" oznacza klasy liczebności gromad Abella. Badania stopnia gromadzenia się galaktyk wokół kwazarów wykazały, że odległe radiowo głośne kwazary (RLQSO) leżą w bogatych gromadach galaktyk i dla nich amplitudy funkcji korelacji wynoszą kilkaset. Dla przykładu: $B_{qg}(3C345; z = 0.5928) = 773$. Natomiast wydawało się, że bliskie kwazary unikają tak bogatych otoczeń. Fisher *i inni* (1996, ApJ, 468, 469) postanowili to sprawdzić. Wykonali oni kamerą WFPC2 kosmicznego teleskopu Hubble'a (HST) zdjęcia bezpośredniego otoczenia (bliżej niż 30″) oraz dalszych obszarów (odległych o 101″) wokół 20 bliskich kwazarów. Badana próbka zawierała kwazary posiadające przesunięcia ku czerwieni od 0.086 do 0.29. Porówny-

Tab. 1. Amplitudy gromadzenia

Próbka	$< B_{qg} >$	Zakres 1σ	$< B_{qg} > / < B_{gg} >$
Wszystkie QSO	75	60 – 93	3.8 0.8
RLQSO	84	57 – 117	4.2 1.5
RQQSO	72	53 – 92	3.6 1.0

wano zliczenia galaktyk w bezpośrednim sąsiedztwie kwazarów ze zliczeniami galaktyk tła, czyli liczbą galaktyk w odległych obszarach. Stwierdzono, że w otoczeniu badanych kwazarów istnieje nadwyżka galaktyk jaśniejszych od $12.^m5$. Jednocześnie nie ma różnic w zliczeniach galaktyk wokół RLQSO i radiowo spokojnych kwazarów (RQQSO). Dla rozkładu typowych galaktyk amplitudy przestrzennej funkcji korelacji B_{gg} wynoszą 20, a dla próbki 20 badanych kwazarów są one kilka razy wyższe, jak podano w tabeli. Bliskie kwazary leżą więc w grupach galaktyk zawierających (16÷25) galaktyk.

Ellingson *i inni* (1991) badali dynamikę grup galaktyk związanych z 17 kwazarami o z od 0.15 do 0.6. Dyskutowano globalnie wszystkie grupy galaktyk, gdyż jedynie dla niewielkiej liczby galaktyk wokół każdego z kwazarów wykonano widma i pomierzono ich przesunięcia ku czerwieni. Wykorzystując efekt Dopplera określono średnią prędkość i dyspersję prędkości grup galaktyk związanych z kwazarami. Średnie względne prędkości kwazarów, czyli różnice między prędkością kwazarów i prędkością grupy galaktyk ΔV_r oraz dyspersje prędkości σ dla wszystkich badanych kwazarów wynoszą:

$$\Delta V_r = (51 \pm 45) \text{ km s}^{-1}$$

i $$\sigma = 418^{+48}_{-35} \text{ km s}^{-1}.$$

Tak małe średnie względne prędkości kwazarów wskazują, że leżą one w dynamicznych centrach związanych z nimi grup galaktyk. Zatem zakłócenie ich struktury radiowej nie może być spowodowane przez ruch rodzimej galaktyki przez ICM ośrodek. Jeśli podzielimy kwazary na radiowo spokojne i głośne, to otrzymamy:

a) dla radiowych głośnych kwazarów (RLQSO):

$$\Delta V_r = (-25 \pm 66) \text{ km s}^{-1}$$

i $$\sigma = 475^{+64}_{-48} \text{ km s}^{-1}$$

b) dla radiowo spokojnych kwazarów (RQQSO):

$$\Delta V_r = (132 \pm 62) \text{ km s}^{-1}$$

i $$\sigma = 42^{+64}_{-50} \text{ km s}^{-1}.$$

Niezależnie od rozważanej próbki dyspersje prędkości są niezbyt duże i wynoszą (400÷500) km s^{-1}. Zatem te pośrednio odległe kwazary występują głównie w otoczeniach z dyspersjami prędkości znacznie mniejszymi od typowych dla bliskich bogatych gromad galaktyk (900-1000) km s^{-1}. Zgadza się to z modelem tworzenia się kwazarów inicjowanym przez oddziaływania galaktyka-galaktyka, którego efektywność jest znacznie niższa w gromadach galaktyk z dużymi dyspersjami prędkości. Obserwacje kosmicznym teleskopem Hubble'a (HST) potwierdzają, że wiele kwazarów tworzy się w obszarach zderzających się galaktyk. Niezwykle jasne kwazary powstają z materii spadającej na masywną czarną dziurę.

MORFOLOGIE RADIOŹRÓDEŁ W GROMADACH GALAKTYK

Systematyczne obserwacje VLA na 20 cm gromad galaktyk wykonane w Socorro przez Owena i współpracowników doprowadziły do wykrycia ponad 200 radioźródeł silniejszych od absolutnej światłości radiowej $P_{20} = 3\times10^{23}$ W Hz^{-1}. Ta światłość absolutna odpowiada granicznym strumieniom 500 mJy i 300 mJy odpowiednio dla bliskich i odległych gromad galaktyk. Zhao i inni (1989) poszukiwali dla 106 gromad galaktyk zależności między parametrami fizycznymi. Wykryto jedynie słabą zależność mocy radiowej centralnych dominujących galaktyk-radioźródeł od tempa akrecji masy z rentgenowskich strumieni chłodzenia. Radioźródła te mają mniejsze rozmiary, gdyż ruch wypływającej plazmy hamowany jest przez wpływający gorący gaz w strumieniach chłodzenia. Jednakże struktury radiowe są zakłócone nawet w przypadku braku strumieni chłodzenia wskutek oddziaływania plazmy radiowej z gorącym gazem ICM. Większość radioźródeł w gromadach galaktyk to radioźródła typu Fanaroff-Riley I (FR I) czyli radioźródła o $P_{178\text{MHz}} \leq 5\times10^{25}$ W Hz^{-1}. Rzadko w gromadach galaktyk występują radioźródła typu Fanaroff-Riley II (FR II) o $P_{178\text{MHz}} > 5\times10^{25}$ W Hz^{-1} mające gorące plamy (*hot spots*, miejsca o najwyższej jasności powierzchniowej) na zewnętrznych krawędziach płatów radiowych. Zwykle rozmiary tych radioźródeł są mniejsze od tych występujących poza gromadami galaktyk. Niekiedy są to radioźródła „GPS" (Gigahertz Peaked Spectrum Sources), które zostały omówione w „Postępach Astronomii" nr 4/96. Ograniczymy się do omówienia najczęściej spotykanych radioźródeł w gromadach galaktyk, a mianowicie:

1) szerokokątnych zagiętych radioźródeł (WAT — *wide-angle tailed*);
2) wąskokątnych zagiętych radioźródeł (NAT — *narrow-angle tailed*);
3) amorficznych radioźródeł.

Szerokokątne zagięte radioźródła (WAT)

Radioźródła WAT, które mogą być radiogalaktykami czy też radiowo głośnymi kwazarami (RLQSO), związane są z dominującymi galaktykami w grupach czy gromadach galaktyk. Prędkości rodzimych galaktyk różnią się nieznacznie od prędkości całej grupy czy gromady galaktyk. Mają one struktury radiowe w kształcie litery „C". Zawierają wewnętrzne gorące plamy połączone z jądrami (*cores*) wytryskami (dżetami) oraz rozerwane piórowe struktury lub szerokie ogony. W gorących plamach wytryski (skolimowane wypływy-dżety) są rozrywane i następuje zagięcie struktury radiowej. Rozerwanie to spowodowane jest przez wewnętrzny udar (*shock*) czy dla większych radioźródeł przez zderzenie z chłodnymi chmurami. W radioźródłach tych dominuje pole magnetyczne równoległe do kierunku przepływu plazmy. Dotychczas przebadano w miarę dokładnie około 10 radioźródeł WAT.

Prototypem radioźródeł WAT jest radiogalaktyka 4C20.04A, która szczegółowo była dyskutowana przez Krempeć-Krygier i Krygiera (1995, A&A **296**, 359). Ruch rodzimej galaktyki tego radioźródła względem podgromady A98S następuje wzdłuż linii widzenia. Stąd brak jest widocznego zagięcia w jego rzucie na płaszczyznę nieba. Zagięcie i odchylenie następuje w miejscu wewnętrznych gorących plam, gdzie pojawia się spłaszczenie widma radiowego. Do wytłumaczenia wielkości tego zagięcia nie wystarcza jedynie ruch rodzimej galaktyki względem podgromady A98S z prędkością radialną rzędu 490 km/s, lecz dodaje się względna prędkość przenikania się (około 455 km/s) dynamicznych i rentgenowskich podstruktur A98S i A98N.

Współcześnie Sakelliou i inni (1996, MNRAS **283**, 673) dyskutowali zagięcie struktury radiogalaktyki o stromym widmie 4C34.16 (z = 0.078, odległość ≈ 470 Mpc) leżącej w ubogiej gromadzie galaktyk Zwycky'ego Z0357.9 +3432. Wykonano obserwacje rentgenowskie, optyczne i radiowe tego radioźródła i jego otoczenia. Radioźródło ma bardzo symetryczną zagiętą strukturę radiową i strome widmo radiowe ze wskaźnikiem widmowym $\alpha > 1.2$ w zakresie częstotliwości od 38 MHz do 178 MHz.

Obserwacje VLA na $\lambda = 20$ cm wskazują, że radioźródło ma klasyczną strukturę WAT o gęstościach strumienia $S \approx 590$ mJy w północnym płacie i 535 mJy w południowym płacie.

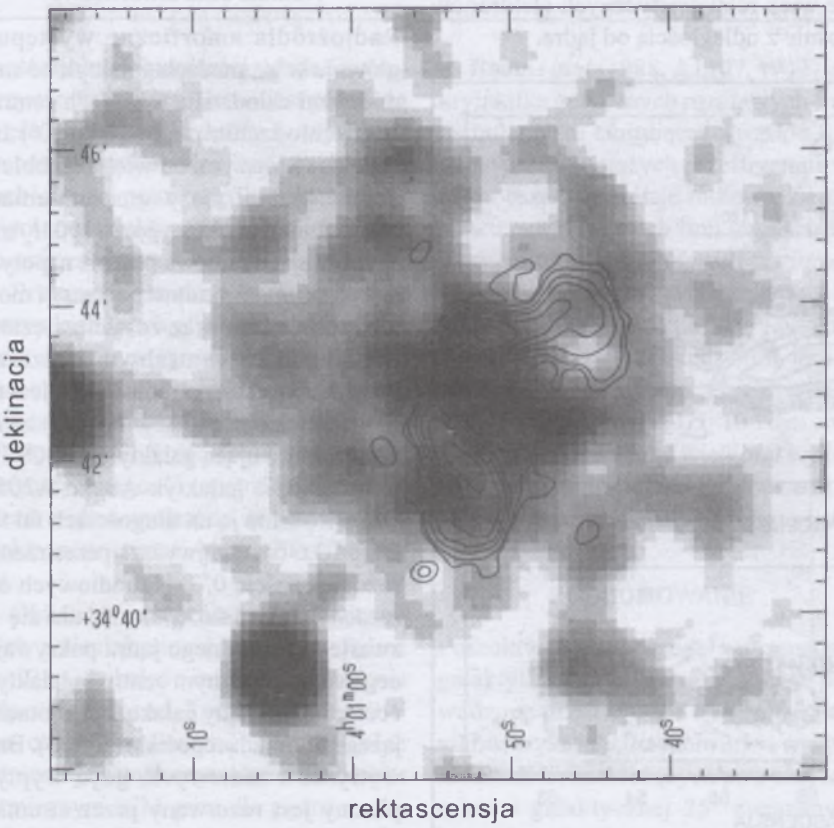
Obserwacje rentgenowskie wykonane PSPC ROSATa w zakresie (0.1÷2.5 keV) wykazały istnienie rozciągłej emisji rentgenowskiej wokół radioźródła aż do odległości $\approx 7.'5$ (około 1 Mpc). Maksimum emisji leży w obszarze między radiowymi płatami i nie pokrywa się z położeniem rodzimej galaktyki (**Rys. 1**).

Dopasowując do obserwowanego rozkładu energii rentgenowskiej termiczne widmo Raymonda-Smitha wyznaczono temperaturę gazu $kT_g \approx 1$ keV, czyli 1.2×10^7 K. Natomiast oszacowana masa zawarta w sferze o promieniu 1.2 Mpc wynosi $1.1\times10^{14}\ M_o$, z czego gaz stanowi zaledwie 1/3.

Zastanowimy się, jakie siły powodują zagięcie struktury radiowej. Rozważymy wytrysk radiowy (jet) jako ciągły wypływ plazmy o gęstości ρ_j z prędkością V_j. Na wypływający strumień plazmy działają następujące siły:

a) Ciśnienie wypychania (hamowania, *ram pressure*) spowodowane przez względny ruch galaktyki przez ICM gaz. Jest ono wprost proporcjonalne do gęstości gazu i kwadratu prędkości galaktyki oraz odwrotnie proporcjonalne do kwadratu skali wysokości wytrysku. Jako skalę wysokości wytrysku przyjmuje się zwykle jego promień.

b) Sprężystość (*buoyancy*) równa jest iloczynowi różnicy gęstości ICM gazu i gęstości wytrysku podzielonej przez potencjał grawitacyjny gromady galaktyk. Kiedy suma tych dwóch sił jest większa od wielkości $\rho_j V_j / R^2$, to wypływ plazmy ulega zagięciu czy odchyleniu. Strumień wypływającej plazmy radiowej 4C34.16 ulega dwukrotnie zagięciu. Pierwszy raz w pobliżu rodzimej galaktyki wytrysk jest zagięty w kierunku centrum gromady galaktyk wskutek ciśnienia wypychania wywołanego ruchem względnym galaktyki przez ośrodek ICM. Po raz drugi wskutek efektów sprężystości wytryski odchylone są od centrum gromady w kierunku niższych gęstości ICM. Do obserwowanego zagięcia wytrysku wystarcza prędkość galaktyki względem ICM mniejsza od 300 km/s.



Rys. 1. Rentgenowski obraz (ROSAT PSPC) pola wokół 4C34.16 nałożony na mapę radiową otrzymaną na 20 cm. Rozmiar piksela na obrazie rentgenowskim wynosi 7.″5. Poziomy konturów mapy radiowej wynoszą 1.0, 2.0, 5.0, 10.0, 20.0, 40.0 i 80.0 procent maksymalnej wartości (126.83 mJy/wiązkę).

Wąskokątne zagięte radioźródła (NAT)

Wąskokątne zagięte radioźródła (NAT) występują zarówno w ubogich grupach, jak i w gromadach galaktyk. Ich rodzime galaktyki charakteryzują się dużymi ruchami własnymi (prędkości radialne powyżej 1000 km/s, co prowadzi do silnego zagięcia strumienia radiowej plazmy w wyniku ciśnienia wypychania (hamowania, *ram pressure*) wywieranego przez otaczający międzygwiazdowy (ISM) czy ICM gaz. Dla dużych prędkości radialnych rodzimej galaktyki zagięcie wiązek radiowych może być tak silne, że zleją się one w pojedynczy ogon. Zatem zagięcia strumieni plazmy pozwalają na bezpośrednie określenie kierunku ruchu galaktyk. O'Dea *i inni* (1987, ApJ **316**, 113) badali rozkład orientacji ogonów 70 radioźródeł NAT w celu wyznaczenia rozkładu orbit galaktyk w gromadach galaktyk. Stwierdzili oni, że po radialnych orbitach poruszają się głównie galaktyki obszarów centralnych gromad galaktyk. Natomiast bardziej odległe radioźródła NAT poruszają się zwykle po orbitach kołowych. Jednocześnie brak dowodów, że większość galaktyk NAT zbliża się do centrum gromad galaktyk.

Najlepiej znanym przykładem radioźródła NAT jest galaktyka NGC1265 (3C83.1B, 0314+416; z=0.0255; $P_{1\mathrm{GHz}} \approx 10^{25}$ W Hz^{-1}) poruszająca się z prędkością 2300 km/s względem średniej prędkości gromady galaktyk Perseusza. Mapa VLA ukazuje głowę radiogalaktyki i ogon o niskiej jasności powierzchniowej rozciągający się do około 8′ w kierunku północnym.

Mając pomierzone gęstości strumienia radiowego S_ν w zakresie częstotliwości od 100 MHz do 15 GHz oraz wskaźnik widmowy $\alpha = 0.65$ (gdzie $S_\nu \propto \nu^{-\alpha}$) wyznaczono światłość radiową $L_{rad} \approx 1.1\times10^{40}$ erg s^{-1}. Ciśnienie wewnętrzne w radiowych wytryskach jest sumą ciśnienia termicznego nierelatywistycznych cząstek, ciśnienia cząstek relatywistycznych oraz ciśnienia magnetycznego. Zwykle zaniedbuje się wkład ciśnienia nierelatywistycznych cząstek. Z teorii promieniowania synchrotronowego wyznacza się dolne granice na wkłady do ciśnienia przez relatywistyczne cząstki i pola magnetyczne. Otrzymujemy w ten sposób tzw. minimalne ciśnienie opisane wyrażeniem: $P_{min} = 0.2654\ [C_{12} L_{rad} (1 + k)\ (\Phi \cdot V)^{-1}]^{4/7}$ [dyn cm^{-2}]

W powyższych wyrażeniach „k" jest stosunkiem energii relatywistycznych protonów do relatywistycznych elektronów, V — objętością źródła, Φ — czynnikiem wypełnienia objętości (*volume filling factor*), C_{12} — stałą stablicowaną zależnie od wskaźnika widmowego α i częstotliwości obcięcia (Pacholczyk 1970). Zwykle zakłada się, że:

a) energie relatywistycznych protonów i elektronów są równe (k = 1);

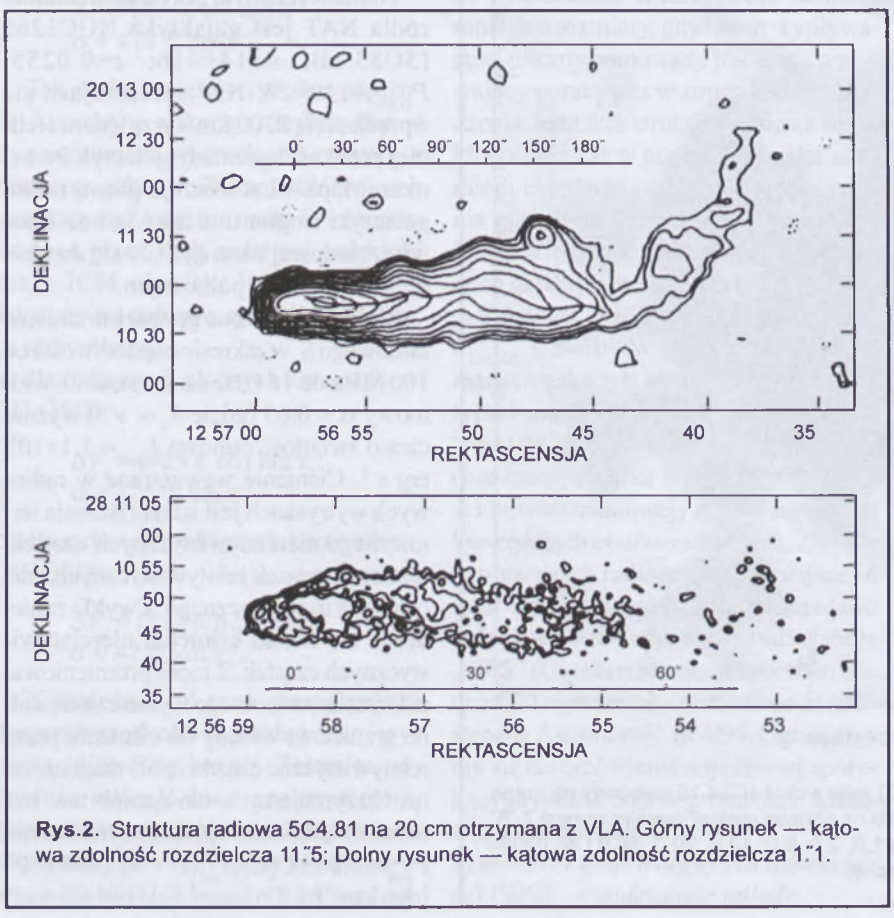
b) wytryski radiowe są cylindrami jednorodnie wypełnionymi relatywistycznymi cząstkami i polami magnetycznymi (Φ = 1).

Wzdłuż przeważającej długości wytrysku $P_{min} \approx (1+3)\times10^{-11}$ dyn cm^{-2}. Natomiast ciśnienie wypychania (*ram pressure*) wywierane przez ICM ośrodek na poruszającą się radiową plazmę wynosi $\rho_{ICM} \cdot V_{gal}^2 = 4 \times 10^{-11}$ dyn cm^{-2} dla $n_{ICM}=\rho_{ICM}/m_p \approx 5 \times 10^{-4}$ cm^{-3} i $V_{gal} \approx 2300$ km s^{-1}. m_p jest masą protonu. Termiczne ciśnienie gazu gromady galaktyk opisane przez $n_{ICM} \cdot kT$ wynosi 5×10^{-12} dyn cm^{-2} dla $T_g = 7\times10^7$ K. Ciśnienie wypychania jest wyższe od ciśnienia minimalnego. Zatem wiązka plazmy radiowej jest utrzymywana przez zewnętrzny ICM ośrodek i silnie z nim oddziałuje. Minimalne pole magnetyczne wynosi (10÷15) μG i rośnie do ≈ (20 ÷ 30) μG w węzłach.

Innym przykładem radioźródła NAT jest 5C4.81 (NGC4869) w gromadzie galaktyk Coma. Na mapach radiowych o wysokiej przestrzennej rozdzielczości 5C4.81 składa się ze słabego jądra i dwóch symetrycznych przeciwnie skierowanych wytrysków radiowych, które nagle zaginają się bardzo blisko jądra (w odległości rzędu 3 kpc od jądra). Jest to więc przykład radioźródła NAT, kiedy wypływające w przeciwnych kierunkach wiązki plazmy ulegają tak silnemu odchyleniu w niewielkiej odległości od jądra, że powstaje pojedynczy ogon emisji radiowej. Ogon o długości około 150 kpc jest utworzony przez północny wypływ plazmy, gdyż południowy wytrysk radiowy szybko zanika (**Rys. 2**).

Widmo radiowe 5C4.81 ulega przegięciu w wysokich częstotliwościach. Częstotliwość przegięcia widma ν_B wiąże się z wiekiem elektronów t_s i natężeniem pola magnetycznego „B" zależnością: $t_s = 1.6\times10^3 \cdot (B\,\mu\text{G})^{-1.5} \cdot (\nu_B\,\text{GHz})^{-0.5}$ milionów lat.

Badania widma 5C4.81 wzdłuż ogona między 327 MHz i 5 GHz wskazują, że przegięcie widma przesuwa się do coraz niższych częstotliwości ze wzrostem odległości od jądra. Oznacza to, że wiek relatywistycznych elektronów rośnie z odległością od jądra.



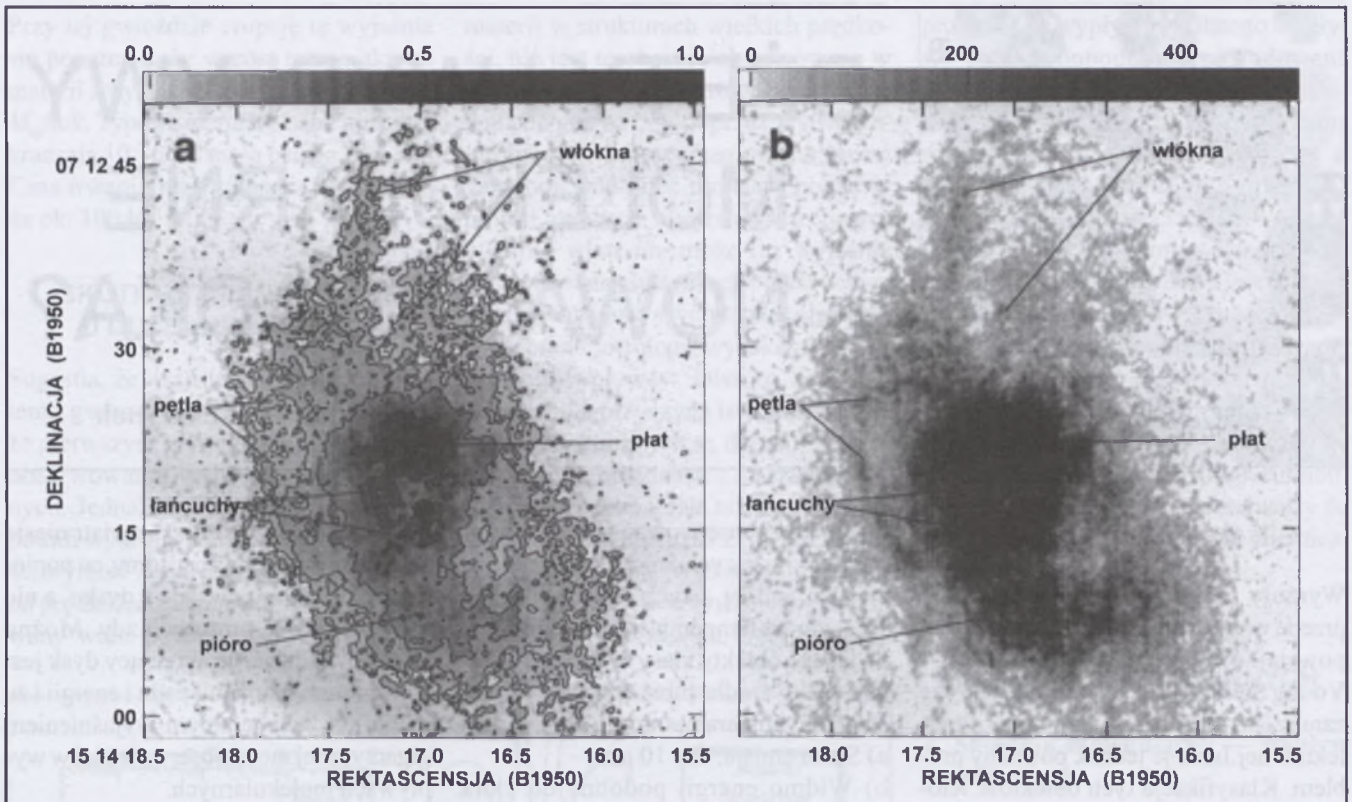
Rys.2. Struktura radiowa 5C4.81 na 20 cm otrzymana z VLA. Górny rysunek — kątowa zdolność rozdzielcza 11.″5; Dolny rysunek — kątowa zdolność rozdzielcza 1.″1.

Badano ruch orbitalny dwóch grup galaktyk w gromadzie Coma, a mianowicie grupy galaktyk związanej z NGC4869 i grupy galaktyk skoncentrowanych wokół NGC4874. Dla masy układu NGC 4869/4874 około $2.7\times10^{13}\,M_\odot$ i prędkości 950 km/s otrzymano orbitę eliptyczną o ekscentryczności 0.26, długości dużej półosi 120 kpc i okresie orbitalnym 7.5×10^8 lat. Takie parametry orbitalne dobrze tłumaczą zagiętą strukturę radiową 5C4.81.

Ponadto gromada Coma jest silnym źródłem promieniowania rentgenowskiego (Hughes J.P. *i inni* 1989, ApJ **329**, 82; Burns J.O. *i inni* 1994, ApJS **68**, 643). Porównanie rozkładu ciśnienia minimalnego wzdłuż ogona radioźródła z rozkładem ciśnienia termicznego ICM gazu wyznaczonym z obserwacji rentgenowskich wskazuje, że w ogonie ciśnienie termiczne jest znacznie wyższe od ciśnienia minimalnego. Jeżeli zagięcie struktury radiowej następuje na granicy ośrodków ISM/ICM, to bliska jego odległość od jądra (3 kpc) świadczy o niewielkiej ilości ISM gazu. Jest to więc pośredni dowód na obdzieranie galaktyk z ISM gazu.

Radioźródła amorficzne

Radioźródła amorficzne występują głównie w gromadach galaktyk ze strumieniami chłodzenia o czasach centralnego chłodzenia rzędu (10^8÷10^9) lat, znacznie krótszymi od wieku Hubble'a. Tempa akrecji masy w strumieniach chłodzenia wynoszą typowo $100M_\odot$/rok. Wypływająca radiowa plazma napotyka na taki strumień akreowanej masy i może ulec rozerwaniu oraz zostać uwięziona w niewielkim centralnym obszarze. Przykładem takiego radioźródła jest radiogalaktyka 3C317 (z = 0.0345) związana z dominującą galaktyką NGC9799 w gromadzie galaktyk Abella-A2052. Obserwowano ją na długościach fal 90, 20, 6 i 3.6 cm z najwyższą przestrzenną rozdzielczością 0.″3. Na radiowych obrazach VLA radioźródło składa się ze zwartego centralnego jądra pokrywającego się z optycznym centrum galaktyki i centrum gromady galaktyk oraz otaczającego dominującego halo (**Rys. 3**). Brak wytrysków radiowych, gdyż wypływ plazmy jest rozerwany przez strumień chłodzenia bardzo blisko jądra. Zamiast tego obserwuje się bipolarną strukturę otaczającą jądro i rozciągniętą w kierunku północno-południowym do maksymalnych rozmiarów 30″. Południowa



Rys.3. Obraz VLA 3C317 ze zdolnością rozdzielczą 0.4. Halo, bipolarna struktura, fragmenty i pętla są dobrze widoczne.
a) zakres gęstości strumienia zmienia się od –0.01 do 1 mJy/wiązkę. Kontury są –0.06, 0.06, 0.12, 0.48, 0.96 i 1.92 mJy/wiązkę.
b) zakres gęstości strumienia zmienia się od –0.01 do 0.5 mJy/wiązkę.Przegięcie widma radiowego pojawia się na 0.5 GHz.

część struktury bipolarnej składa się z zakrzywionego pióra. Natomiast północną część stanowi płat, który w wysokich przestrzennych rozdzielczościach ulega rozbiciu na poszczególne fragmenty. Bipolarna struktura otoczona jest przez amorficzne halo.

Przegięcie widma występuje dla wszystkich rozciągłych składników, jak i dla scałkowanego strumienia 3C317. Stanowi to dowód na dyfuzję elektronów z jądra do halo ze średnią prędkością 200 km/s wzdłuż zakręconych linii pola magnetycznego. Z częstotliwości przegięcia widma wyliczono, że typowy wiek elektronów wynosi około 70 milionów lat.

Obliczone natężenia pól magnetycznych zmieniają się od 200 μG w jądrze do 10 μG w halo, a minimalne ciśnienia odpowiednio od 2×10^{-10} do 2×10^{-11} dyn cm^{-2}. W radiowym halo minimalne ciśnienie jest porównywalne z ciśnieniem termicznym ICM gazu dla gęstości cząstek 0.01 cm^{-3} i temperatury gazu 1×10^{7}K wewnątrz obszaru chłodzenia o promieniu 100 kpc. Ciśnienia gazu we fragmentach są (3÷5) razy wyższe od średniego ciśnienia termicznego gorącego gazu.

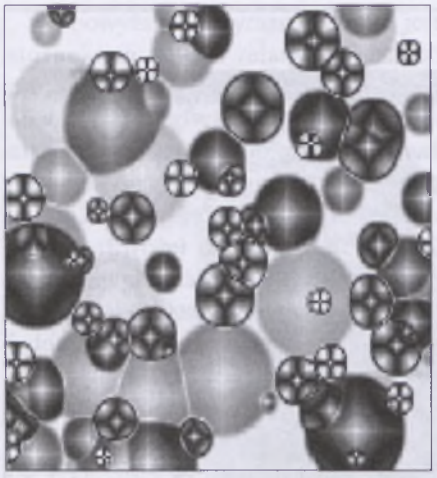
Baum *i inni* (1988, AJ **107**, 1942) wykryli kilka optycznych rozciągłych fragmentów gazu emitującego wąskie linie emisyjne zajmujących przestrzennie ten sam obszar, co emisje radiowe. Ze stosunku natężeń dwóch linii tego samego jonu emitującego z różnych poziomów energetycznych w przybliżeniu o tej samej energii wzbudzenia , np. linii [SII] λ 6717 i 6731 Å, zakładając 50 % jonizację oszacowano wartość ciśnienia w jądrze ($r < 1$ kpc) równą 1.7×10^{-9} dyn cm^{-2}. Ciśnienie to jest o rząd wielkości wyższe od ciśnienia minimalnego, lecz odnosi się do obszaru znacznie bliższego jądra.

PODSUMOWANIE

Poszukiwania radioźródeł w gromadach galaktyk, szczególnie intensywnie prowadzone przez Owena i współpracowników, wykazały, że około 30 % wszystkich radioźródeł leżących powyżej szerokości galaktycznej 25° związanych jest z bogatymi gromadami galaktyk. Bliskie kwazary występują w grupach galaktyk i amplitudy ich przestrzennej funkcji korelacji są kilkakrotnie wyższe od wyliczonych dla galaktyk. Natomiast odległe kwazary leżą w bogatych gromadach galaktyk. Gorący ICM gaz zakłóca struktury radiowe powodując ich zagięcie czy nawet rozerwanie. W gromadach galaktyk ze strumieniami chłodzenia oddziaływanie wpływającego termicznego gazu może uwięzić wyrzucony strumień plazmy w niewielkim obszarze produkując amorficzne radioźródła.

Dalsze szczegółowe badania radioźródeł leżących w odległych gromadach galaktyk, w możliwie szerokim zakresie widma, od zakresu γ aż do najdłuższych fal radiowych, pozwolą lepiej zrozumieć oddziaływanie wypływającej radiowej plazmy z otaczającą materią międzygalaktyczną czy wewnątrzgromadową.

Dr Janina Krempeć-Krygier jest pracownikiem Centrum Astronomicznego PAN w Toruniu. Polem Jej zainteresowań naukowych jest astrofizyka zarówno gwiazd, jak i radioźródeł.



DŻETY I WYPŁYWY MOLEKULARNE – NOWA ZAGADKA?

Grzegorz Hrynek

KLASYFIKACJA

Wyrzuty molekularne obserwuje się przede wszystkim u młodych, dopiero co powstających gwiazd (ang. **YSO** — **Y**oung **S**tellar **O**bjects), które są jeszcze zanurzone w otaczającej je materii molekularnej.Istnieje jednak poważny problem. Klasyfikacja tych obiektów. Kłopot jest w umieszczeniu ich na diagramie Hertzsprunga-Russela, ponieważ nie promieniują one jak pojedyncze ciała doskonale czarne. Ich widmo energii (ang. **SED** — *Spectral Energy Distributions*) jest zazwyczaj dosyć szerokie na skutek dużego zakresu temperatur w ich pyłowej otoczce. Trudny jest także sposób określania typu spektralnego. Jednakże do klasyfikacji możemy użyć właśnie widma energii, które ewoluuje w sposób systematyczny na skutek rozpraszania materii otaczającej YSO przez wypływy molekularne. Utworzono więc trzy grupy tych gwiazd. Klasa **I** ma indeks widma w podczerwieni $\alpha_{IR} > 0$ gdzie α_{IR} zdefiniowane jest jako:

$$\alpha_{IR} = \frac{log\,(\nu * F_\nu)}{log\,(\nu)}$$

oraz widmo energii jest znacznie szersze niż funkcja ciała doskonale czarnego, co może być rezultatem gorącej otoczki pyłowej (300-1000 K) wokół gorącego obiektu gwiazdopodobnego (3000-5000 K). Klasa **II** ma indeks widma w podczerwieni $\alpha_{IR} < 0$ i widmo takie, jak klasa **I**. Pozatym obiekty tej klasy są widoczne w dziedzinie optycznej, a ich widma podobne do widm chłodnych fotosfer. Klasa **III** ma indeks widma w podczerwieni $\alpha_{IR} < 0$, ale widma są podobne do widma ciała doskonale czarnego. Również są widoczne na falach optycznych, ale nie wykazują nadwyżki podczerwieni. Jednak niedawno udało się zaobserwować istnienie jeszcze chłodniejszych źródeł, które nie pasują do żadnej z tych trzech klas. Ze względu na temperaturę, sklasyfikowano je jako obiekty klasy 0, które są określane jako źródła submilimetrowe z następującymi parametrami:

a) Słaba emisja, $\lambda < 10$ μm,

b) Widmo energii podobne do ciała doskonale czarnego przy temperaturze 15-30 K,

c) $L_{submm}/L_{bol} > 5\times10^{-3}$, gdzie L_{submm} jest mocą promieniowania mierzoną przy $\lambda > 350$ μm, a L_{bol} jest bolometryczną mocą promieniowania.

POWSTAWANIE BIPOLARNYCH WYPŁYWÓW MOLEKULARNYCH

Obserwacje linii molekularnych wykazały, że protogwiazdy są otoczone dyskami pyłowo-molekularnymi o rozmiarach ok. 10^2 AU i masie $10^{-3} < M_\odot < 1$. Znając właściwości dysków, możemy wyjaśnić wiele faktów obserwacyjnych. Wzrost faktów obserwacyjnych potwierdza istnienie ścisłego powiązania pomiędzy dżetami a dyskami wokół młodych protogwiazd, w szczególności sądzi się, że emisje linii wzbronionych powstające właśnie na skutek wypływów są widoczne tylko w obiektach pokazujących nadwyżki w bliskiej podczerwieni pochodzących od dysku. Intensywność linii emisyjnych o dużych prędkościach jest dobrze skorelowana z nadwyżką barwy w podczerwieni. Również strumień momentu pędu molekularnych wyrzutów jest dobrze skorelowany z masą otoczki wokół młodych obiektów. Obserwacje relacji pomiędzy własnościami dżetów i dysków sugerują, że do powstawania wypływów materii jest potrzebna obecność dysku. Ponadto obserwacje neutralnych obszarów wokół młodych obiektów sugerują, że wiatr niesie ze sobą niezjonizowane atomy, co popiera tezę, że wiatr powstaje z dysku, a nie z powierzchni protogwiazdy. Można więc powiedzieć, że akreujący dysk jest zbiornikiem momentu pędu i energii i że może być potencjalnym wyjaśnieniem gigantycznej mocy obserwowanej w wypływach molekularnych.

STRUKTURY O EKSTREMALNEJ PRĘDKOŚCI I „BĄBLE" MOLEKULARNE

Wyrzucany gaz molekularny składa się przeważnie z komponentów o różnych prędkościach radialnych. Są to obszary o standardowych prędkościach rzędu 20 km/s (ang. **SHV** — *Standard high velocities*) i o prędkościach dochodzących do 100 km/s (ang. **EHV** — *Extremely high velocities*). W partiach o dużej prędkości moment pędu jest na tyle duży, że jest przekazywany do obszarów o mniejszej prędkości. Maleje więc jego prędkość wraz z odległością liczoną od początku powstania dżetu i równocześnie wzrasta prędkość części o początkowo mniejszych prędkościach. Mamy więc w dżecie miejsca charakteryzujące się punktami szczytowymi, które są dobrze określone zarówno w przestrzeni, jak i w prędkościach. Miejsca takie nazywa się bąblami molekularnymi. Dżet o bardzo dużej prędkości, umiejscowiony wewnątrz płatów o standardowej prędkości, składa się więc z szeregu bąbli połączonych słabą emisją. Bąble grupują się w pary, które są rozmieszczone symetrycznie. Precyzyjne wyjaśnienie powstawania bąbli nie jest do końca znane, ale godne uwagi jest to, że ilość masy i skala czasowa trwania tego zjawiska jest bardzo podobna do optycznego dżetu obserwowanego wokół gwiazdy FU Ori.

Przy tej gwieździe erupcję tę wyjaśnia się poprzez duży wzrost tempa akrecji materii z dysku, który dochodzi do 10^{-4} $M_\odot$/rok. Typowe rozmiary bąbli nie przekraczają 10^{-2} pc, a masa osiąga 10^{-4} $M_\odot$. Czas trwania tego zjawiska szacuje się na ok. 100 lat.

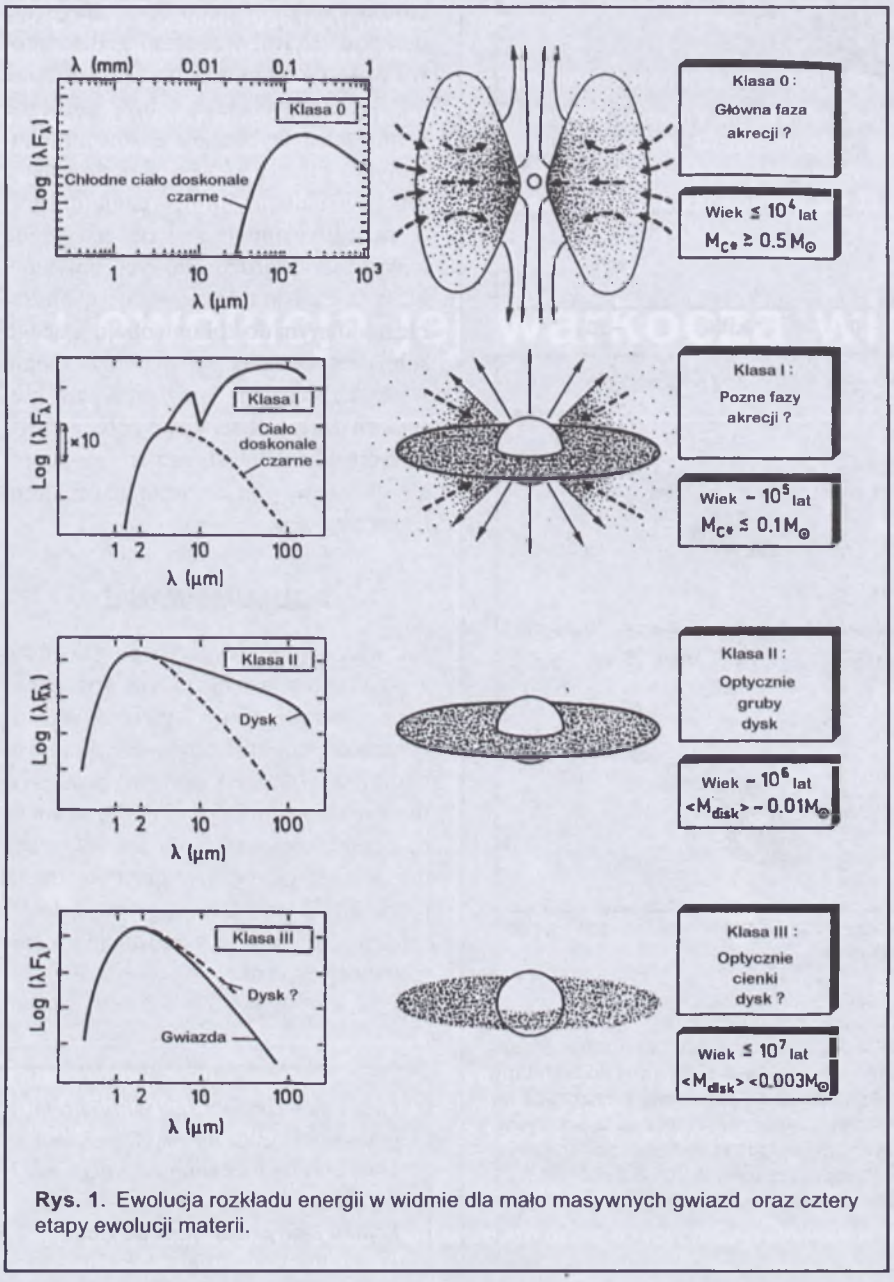
SKUTKI ISTNIENIA GAZU O DUŻEJ PRĘDKOŚCI

Sugestia, że wiatr wydobywa się z systemu gwiazda—dysk, pociąga za sobą, że pierwszym czynnikiem powinno być obserwowanie wypływów molekularnych. Jednakże szerokokątny wiatr nie potrafi wyjaśnić podstawowych własności wyrzutów takich jak zależność masy od prędkości. Zasadniczo słabo skolimowany wiatr powinien zawierać więcej materii w strukturach wielkich prędkości, niż jest to obecnie obserwowane w dżetach. Z drugiej strony, dżet może zmiatać gaz na bok poprzez wytworzenie łukowej fali uderzeniowej i więcej gazu powinno mieć mniejszą prędkość co jest zgodne z obserwacjami. Szerokokątny wiatr nie może też wyjaśnić obserwowanej dystrybucji przestrzennej momentu pędu w wyrzutach molekularnych oraz morfologii wysoko skolimowanych wypływów. Dlatego też prawdopodobnie przyczyną istnienia wypływów molekularnych są dżety.

Jeśli dżet oddziałuje z otaczającą materią molekularną, fala uderzeniowa nie może być adiabatyczna z powodu szybkiego chłodzenia. Wysoka bipolarność obserwowana w wypływach tworzy zachowujący energię wiatr, który nie może produkować wypływów. Dlatego wypływy są prawdopodobnie powodowane przez zachowanie momentu pędu. Transfer momentu pędu z dżetu do otoczenia można uzyskać na kilka sposobów. Z numerycznych symulacji hydrodynamicznych wyodrębnia się dwie metody:

1) metoda natychmiastowego porywania (ang. *prompt entrainment*) — na brzegu fali uderzeniowej dżetu,

2) metoda stacjonarnego porywania (ang. *steady-state entrainment*) — wzdłuż brzegów dżetu poprzez turbulentne mieszanie otaczającej materii na skutek niestabilności Kelvina-Helmholtza. Jednak żadna z nich nie tłumaczy do końca procesów fizycznych i chemicznych zachodzących w dżetach.



Rys. 1. Ewolucja rozkładu energii w widmie dla mało masywnych gwiazd oraz cztery etapy ewolucji materii.

RÓŻNE SKŁADNIKI W DŻETACH BIPOLARNYCH

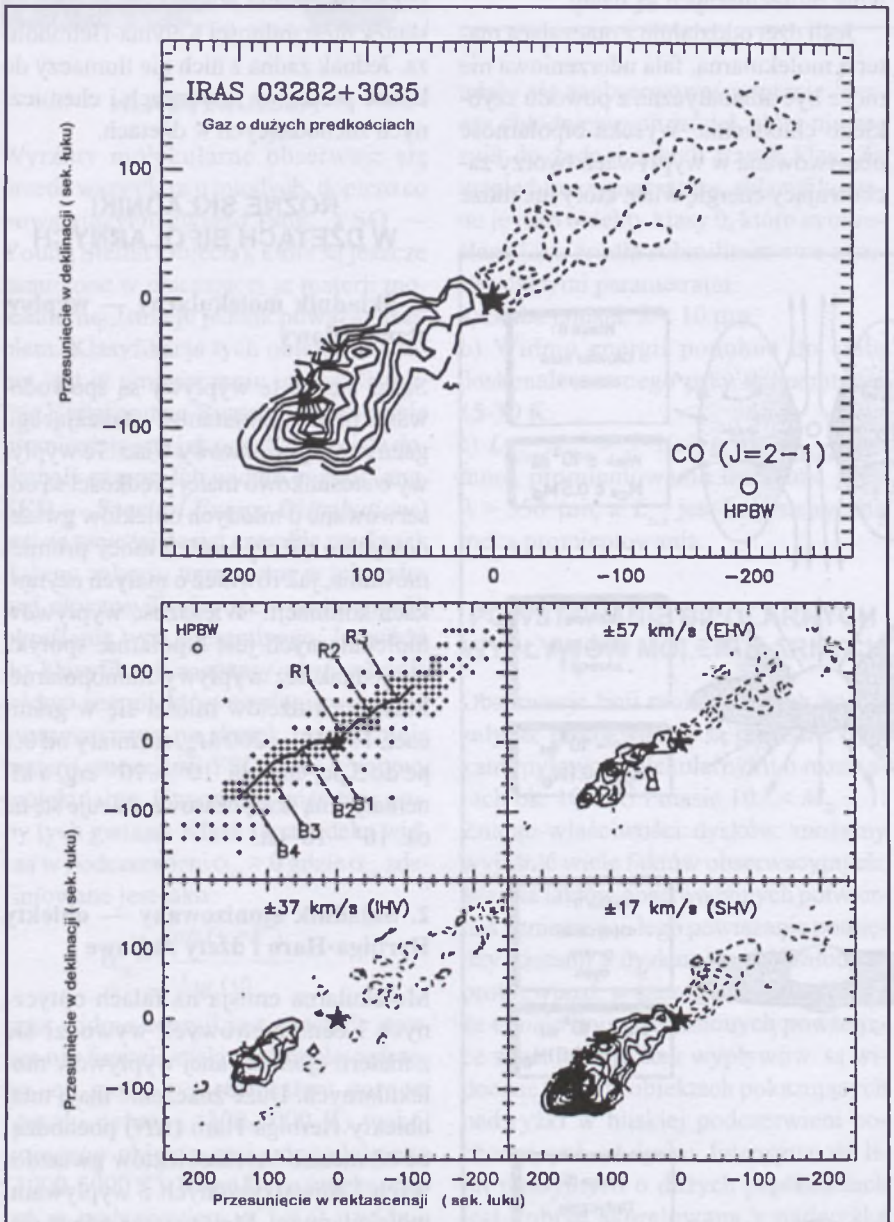
1. Składnik molekularny — wypływ standardowy

Sądzi się, że te wypływy są spowodowane przez „zmiatanie" otaczającego gazu przez podstawowy wiatr. Te wypływy o stosunkowo małej prędkości są obserwowane u młodych obiektów gwiazdowych o różnej masie i mocy promieniowania, jak również o małych czynnikach kolimacji. Większość wypływów molekularnych jest bipolarna, spotyka się jednak też wypływy monopolarne. Masa tych dżetów mieści się w granicach 10^{-2} $M_\odot$ – 200 $M_\odot$, rozmiary od 0.1 pc do 5 pc, energia: 10^{47} – 10^{48} erg, a kinematyczną skalę czasową szacuje się na ok. 10^3 – 10^5 lat.

2. Składnik zjonizowany — obiekty Herbiga-Haro i dżety radiowe

Molekularna emisja na falach optycznych i centymetrowych wywodzi się z materii zjonizowanej wypływów molekularnych. Duże znaczenie mają tutaj obiekty Herbiga-Haro (*HH*) pochodzące od niestabilnych obiektów gwiazdowych i stowarzyszonych z wypływami molekularnymi. Mają tę samą orientację, podobne rozmiary i kinematykę. Obserwacje pokazały, że cała emisja leży w obszarze objętym dżetem *HH*, co wskazuje na to, że „wyciął" on sobie wąski cylinder w otaczającej go chmurze molekularnej. Optyczne obserwacje linii wzbronionych prowadzą do całkowitej diagnostyki bipolarnych wypływów. Pokazały one, że profile linii są przesu-

nięte ku fioletowi w odniesieniu do prędkości gwiazdy. Profile są często podwójne z obszarów o bardzo dużych prędkościach (< –100 km/s) i małych prędkościach (> –30 km/s). Sugeruje to, że obszary z dużymi prędkościami powstają w wysoko skolimowanym dżecie w pobliżu gwiazdy, natomiast obszary o małych prędkościach w wietrze od powierzchni okołogwiazdowego dysku. Emisja na falach centymetrowych jest interpretowana jako emisja swobodno–swobodna z dżetu termicznego. Nietermiczna synchrotronowa emisja powstaje natomiast z płatów usytuowanych wokół młodych obiektów gwiazdowych. Nietermiczna emisja prawdopodobnie powstaje z powodu relatywistycznych elektronów, które mogą być przyspieszane w dyfuzyjnym wybuchu w rejonie oddziaływania między dżetem a otaczającą materią. Czy jednak obserwowane dżety mogą być motorem napędzającym stowarzyszone wypływy molekularne? Znaleziono dosyć dobrą korelację pomiędzy mocą promieniowania z całkowitą mocą i ze stowarzyszonymi wypływami, co może być dowodem na tego typu oddziaływanie. Jednakże moment pędu nie jest na tyle duży, lecz dopasowania momentu pędu są bardzo niepewne, gdyż grubość optycznego dżetu jest różna. Również prędkości wyrzutów mogą być różne w czasie i prawdopodobnie czas życia wypływów molekularnych może być znacznie dłuższy niż jego kinematyczna skala czasowa. Istnieje jeszcze możliwość, że komponenty neutralnych atomów albo molekuł współistnieją z dżetem zjonizowanym, co prowadziłoby do wypływów o standardowej prędkości.



Rys. 2. Rysunek górny: mapa intensywności przejścia CO 2-1 integrowana w skrzydłach linii wypływu w obiekcie IRAS 03282+3035. Pełne kontury prezentują emisję przesuniętą do fioletu, a kreskowane przesuniętą ku czerwieni. Rysunki dolne: mapy intensywności CO 2-1 zintegrowane z innymi przedziałami prędkości. Poszczególne części przedstawiają przesuniętą ku fioletowi (linie ciągłe) i czerwieni (linie przerywane) emisję z interwałem prędkości 20 km/s scentrowanym na prędkości ±57 (u góry z prawej) ±37 (u dołu z lewej) i ±17 (u dołu z prawej). Oznaczenia R1, R2, R3, B1, B2, B3, B4 wskazują na położenie tzw. bąbli molekularnych poruszających się z dużymi prędkościami.

3. Składnik molekularny — wysokie wzbudzenie H_2

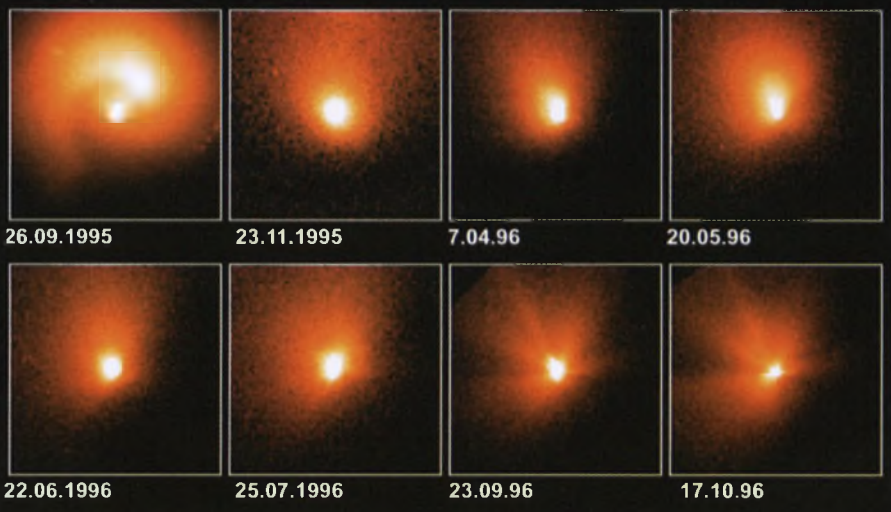
Przejścia oscylacyjne H_2 powstają od poziomu energii > 6000 K. Dlatego też molekuła H_2 jest wzbudzana zderzeniowo w gęstych regionach o temperaturze $\approx 10^3$ K. Przejścia te są dobrze widoczne w miejscach wybuchów gazów molekularnych. Emisja H_2 jest skorelowana z mniej wzbudzonymi optycznie czynnikami. Silna emisja jest obserwowana wokół kilku bardzo młodych obiektów klasy 0. Emisja tutaj powstaje w obszarze podobnym do kokonu obejmującego sobą dżet. Obszary emisji tworzą długie włókna zbiegające się z głównym kierunkim dżetu. Obserwacje potwierdziły, że emisja linii powstaje w mieszającym się obszarze, gdzie otaczająca materia jest wciągana.

PODSUMOWANIE

Jak więc widać, wypływy są głównym zjawiskiem towarzyszącym procesowi formowania się nowych gwiazd. Wyrzuty prawdopodobnie ustalają masę w systemie gwiazda-dysk podczas procesów formowania i unoszą nadwyżkę momentu pędu akreującego dysku. Wyrzuty mogą zmieniać gęstość gazu wewnątrz jądra, gdzie gwiazda się rodzi, i determinować ewolucję gęstości jądra powstającej gwiazdy.

Grzegorz Hrynek jest studentem astronomii w Centrum Astronomii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu. Niniejsza notatka powstała jako jego praca seminaryjna.

Ewolucja głowy komety Hale'a-Boppa widziana z kosmosu...



Obok prezentujemy serię 8 obrazów obszarów położonych blisko jądra komety Hale'a-Boppa uzyskanych przez Harolda Weavera z Uniwersytetu w Baltimore i NASA przy pomocy kamery WFPC2 teleskopu kosmicznego Hubble'a. Przedstawiają one zmiany jakie następowały w okresie od września 1995 do października 1996 r, czyli w okresie zbliżania się komety do Słońca i coraz silniejszego ogrzewania jądra.

Pierwszy obraz z tej sekwencji, z lewej strony na górze, pokazuje silny wybuch pyłowy, jaki zdarzył się, gdy kometa była jeszcze poza orbitą Jowisza. Obrazy z jesieni 1996 roku pokazują wielokrotne wybuchy (dżety), które prawdopodobnie powiązane są z uaktywnieniem się wielorakich zapadłości i jam na powierzchni jądra.

Na tych obrazach w fałszywych barwach najsłabsze obszary są czarne, najjaśniejsze białe, a pośrednie natężenia reprezentowane są przez różne stopnie nasycenia czerwieni. Rozdzielczość przestrzenna jest około 470 km na piksel, a więc skalisto-lodowe jądro komety, mające rozmiar około 40 km jest znacznie poniżej zdolności rozdzielczej obrazu i nie może być widoczne. Każdy z obrazów przedstawia obszar komety 33×33 tyś. km.

...i ewolucja jej warkocza widziana z Ziemi

9 lutego 1997 5:20
Fot. W. Skórzyński
Ø 500/5.6 t_{exp}=14 min.

8 marca 1997 4:10
Fot. A.S. Pilski
Ø 135/2.8 t_{exp}=13 min.

2 kwietnia 1997 xx
Fot. W. Skórzyński
Ø 135/2.8 t_{exp}=14 min.

Więcej zdjęć komety Hale'a-Boppa nadesłanych przez naszych Czytelników w „Fotoobserwacjach" na 3. stronie okładki i na środkowych stronach wkładki!

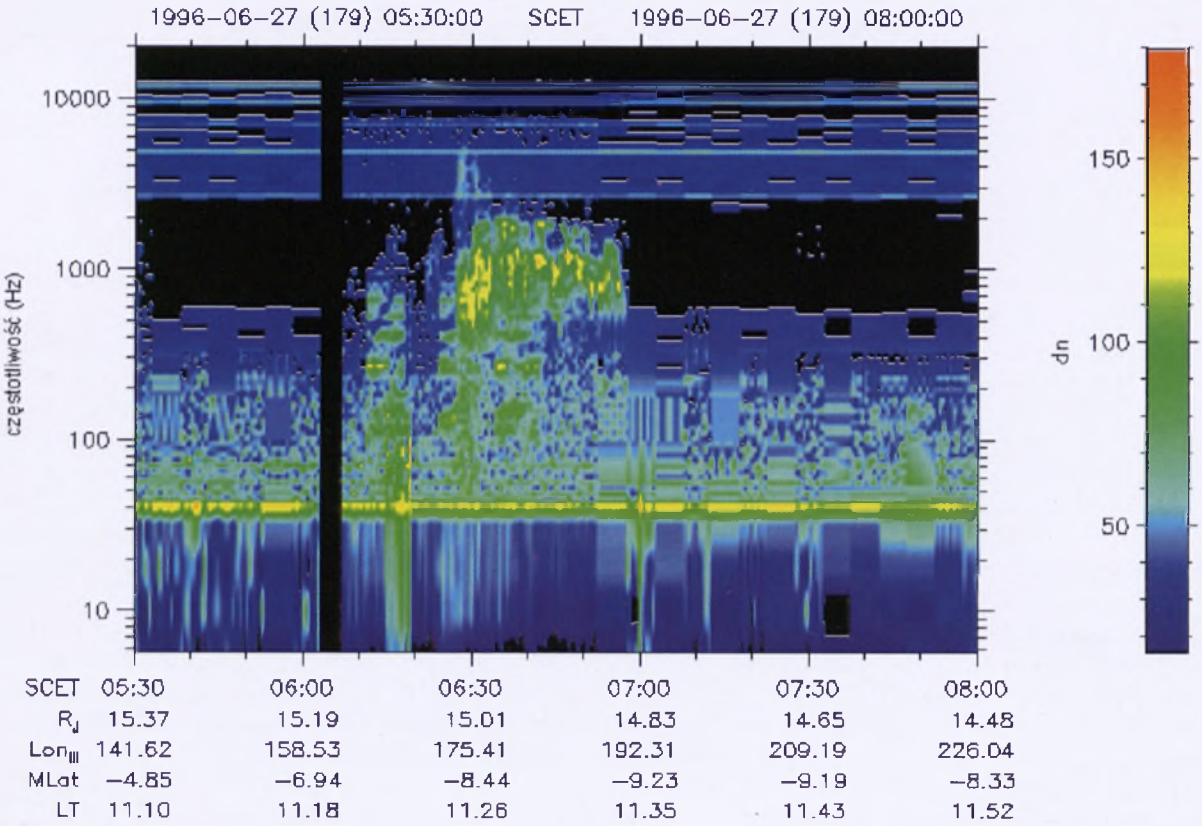
Kometa Hale'a-Boppa i mgławice...

Fot. A. S. Pilski, Frombork – Żurawia Góra, 8 marca 1997

PA

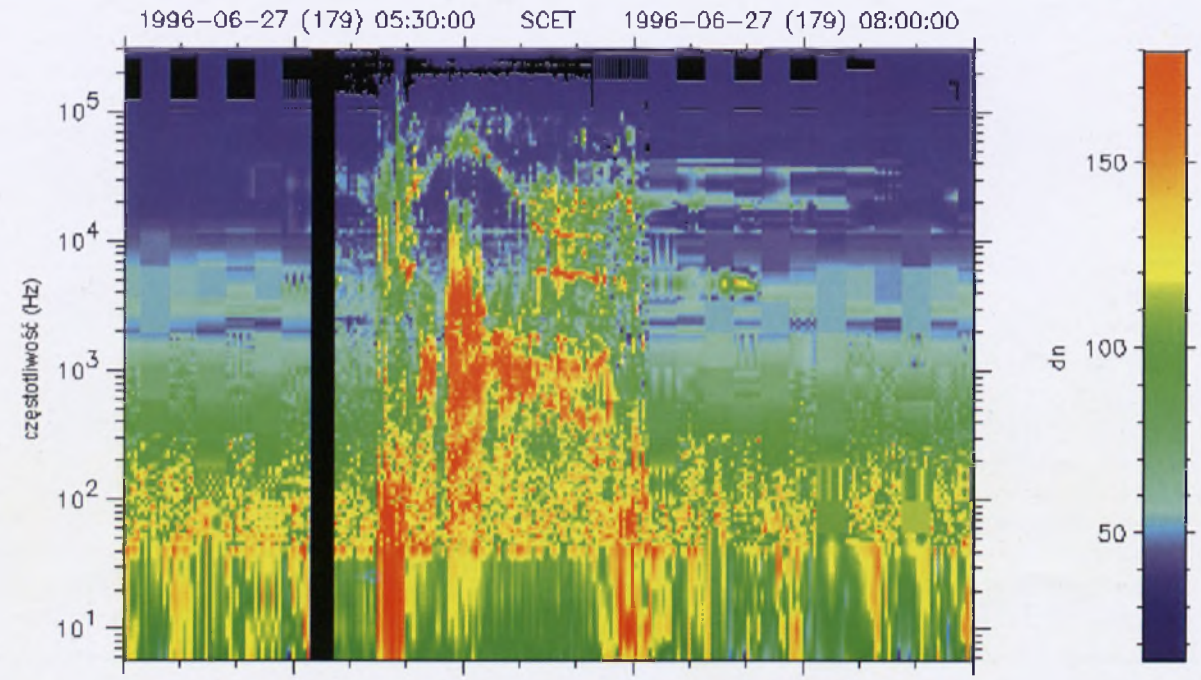
Ameryka Pn. i Pelikan

Widmo fal plazmowych odbieranych na stacji Galileo za pośrednictwem anteny magnetycznej



SCET	05:30	06:00	06:30	07:00	07:30	08:00
R_J	15.37	15.19	15.01	14.83	14.65	14.48
Lon_{III}	141.62	158.53	175.41	192.31	209.19	226.04
MLat	−4.85	−6.94	−8.44	−9.23	−9.19	−8.33
LT	11.10	11.18	11.26	11.35	11.43	11.52

Widmo fal plazmowych odbieranych na stacji Galileo za pośrednictwem anteny elektrycznej



SCET	05:30	06:00	06:30	07:00	07:30	08:00
R_J	15.37	15.19	15.01	14.83	14.65	14.48
Lon_{III}	141.62	158.53	175.41	192.31	209.19	226.04
MLat	−4.85	−6.94	−8.44	−9.23	−9.19	−8.33
LT	11.10	11.18	11.26	11.35	11.43	11.52

GANIMEDES WIDZIANY Z BLISKA PRZEZ GALILEO

— BUDOWA WEWNĘTRZNA, POLE MAGNETYCZNE, MAGNETOSFERA.

Od czasu umieszczenia na orbicie okołojowiszowej GALILEO miał już kilkakrotnie okazję do przelotu w pobliżu Ganimedesa — jednego z księżyców galileuszowych Jowisza. Nie jest to jedyny satelita Jowisza obserwowany wielokrotnie w czasie misji GALILEO, ale warto skupić uwagę na przypadku Ganimedesa ze względu na zaskakujące wyniki obserwacji jak i pewne ogólne wnioski z nich wypływające.

Wstępne wyniki obserwacji z pierwszych dwóch zbliżeń (27 czerwca i 6 września 1996 roku) zostały opublikowane w serii artykułów w numerze *Nature* z 12 grudnia 1996.

Podobnie jak w opisywanym już na łamach Postępów Astronomii przelocie GALILEO w pobliżu Io, pomiary zmian częstotliwości sygnału radiowego wysyłanego przez sondę pozwoliły na ocenę zmian przyspieszenia grawitacyjnego w okolicach Ganimedesa. Pierwszy przelot miał miejsce w okolicach równika księżyca na wysokości 835 km nad powierzchnią, w trakcie drugiego sonda zbliżyła się na odległość 261 km do powierzchni (w rejonie bieguna północnego). Z przelotów w pobliżu Ganimedesa sond PIONEER i VOYAGER znana była już jego średnia gęstość wynosząca 1940 kg/m^3. GALILEO poprawił ją na 1936 kg/m^3 z błędem 22 kg/m^3 wynikającym głównie z niedokładności pomiaru średnicy satelity — obecnie ocenianej na 2634 ±10 km.

Pomiary przesunięć dopplerowskich podobnie jak w wypadku Io wskazują na dużą koncentrację masy w okolicach centrum Ganimedesa. Same pomiary nie wystarczają do rozstrzygnięcia problemu, z ilu warstw składa się wnętrze księżyca — model dopuszcza nawet istnienie jedynie dwu warstw. Jednak sensowniejszy wydaje się model trójwarstwowy — masywne metaliczne jądro otoczone płynną warstwą skał i powłoką lodową. Istnienie lodu (a może i nawet warstwy wody w której pływają olbrzymie góry lodowe) wynika z obserwacji powierzchni księżyca. Obecność metalicznego jądra tłumaczyłaby istnienie nieoczekiwanie odkrytego w okolicach Ganimedesa pola magnetycznego.

O ile w przypadku innych księżyców galileuszowych Jowisza (Io, Kallisto, Europa) obecność własnego pola magnetycznego jest wątpliwa lub niepewna, to Ganimedes posiada pole kilkakrotnie silniejsze od pola w okolicach Jowisza. Przypomina ono w dużym stopniu pole dipola o osi pochylonej o 10 stopni do osi rotacji księżyca — kierunek jego jest w przybliżeniu antyrównoległy względem kierunku pola jowiszowego a natężenie na równiku wynosi ok. 750 nT. Nie ma wątpliwości co do istnienia pola — nie tylko jest ono kilkakrotnie wyższe od zewnętrznego pola jowiszowego, ale również znacznie silniejsze od pola generowanego przez prądy płynące w plazmie w okolicach Ganimedesa.

Można rozważać trzy sposoby wytwarzania zewnętrznego pola magnetycznego: pozostałość po zewnętrznym polu magnetycznym — możemy to nazwać namagnesowaniem, konwekcję magnetyczną we wnętrzu księżyca oraz dynamo magnetyczne.

Pierwszy przypadek wymaga dostatecznie niskiej temperatury warstwy zachowującej pole magnetyczne — musi ona spaść poniżej temperatury Curie. Miejsce spełniające takie warunki znajdowałoby się poniżej warstwy lodu blisko górnej powierzchni warstwy skalnej (silikatowej). Oceny wskazują, że taka warstwa mogłaby mieć co najwyżej 300 km grubości. W zasadzie można ją namagnesować do potrzebnego poziomu zakładając obecność w niej dostatecznej ilości magnetytu oraz silne pole zewnętrzne w którym w pewnym okresie mógł znaleźć się Ganimedes (silniejszym od aktualnego pola Jowisza w okolicy księżyca). Wydaje się to jednak mało prawdopodobne.

Drugi mechanizm wymaga obecności przewodzącej cieczy poruszającej się w zewnętrznym polu magnetycznym. Kandydatem byłby ewentualny słony ocean w warstwie lodowej lub metaliczne jądro. Jednak w obydwu przypadkach natężenie wytworzonego pola byłoby rzędu natężenia pola zewnętrznego nie wspominając o bardzo dużych, nierealistycznych prędkościach cieczy wymaganych przez ten mechanizm dla słonej wody.

Dlatego najbardziej naturalnym kandydatem wydaje się dynamo magnetyczne — przekształcające energię konwekcji cieczy przewodzącej w energię pola magnetycznego. Jest to proces samopodtrzymujący się (działa dopóki istnieje źródło energii mechanicznej), natężenie pola może przekroczyć natężeni pola zewnętrznego. Pole zewnętrzne nie jest konieczne do zadziałania dynama, natomiast jego obecność może mieć wpływ na proces generacji. Właśnie dipolowa struktura pola Ganimedesa sugeruje jego generację we wnętrzu księżyca.

Wydaje się, że struktura wnętrza Io jest podobna do struktury Ganimedesa (z wyjątkiem warstwy lodu przy powierzchni). Należałoby również i w tym przypadku oczekiwać własnego pola magnetycznego wytwarzanego przez dynamo. Wniosek ten nie jest jednak całkiem oczywisty z przynajmniej dwóch powodów: natężenie zewnętrznego pola magnetycznego Jowisza jest porównywalne z polem własnym Io (co mogłoby sugerować konwekcję magnetyczną wywoływaną przez zewnętrzne źródło), poza tym istotny wkład w pole magnetyczne w okolicach Io dają też płynące w plazmie silne prądy. Oddzielenie poszczególnych składników wymaga starannych rachunków, w tym tez i symulacji magnetohydrodynamicznych oddziaływania plazmy z polem Io oraz Jowisza — takie rachunki były przedstawione na Kongresie Europejskiej Unii Geofizycznej (EGS) w Wiedniu (kwiecień 1997). Poza tym nie są znane szczegóły procesu konwekcji — może on się znacznie różnić od konwekcji we wnętrzu Ganimedesa. W szczególności Io poddane jest ze strony Jowisza znacznym siłom przypływowym. Powodują one m.in. grzanie wnętrza księżyca i modyfikację działania dynama (w tym wypadku raczej na niekorzyść generacji pola).

Co do pozostałych księżyców galileuszowych, wydaje się, że nie są one zdolne do generacji własnego pola magnetycznego. Europa posiada pole najprawdopodobniej indukowane w jonosferze (ośrod-

ku przewodzącym — zjonizowanej zewnętrznej warstwie atmosfery) poprzez oddziaływanie z plazmą magnetosfery Jowisza. Co do Kallisto to trudno coś powiedzieć — najprawdopodobniej nie posiada własnego pola, a jeśli tak, to bardzo słabe (14 nT, podczas gdy indukowane pole Europy wynosiłoby około 120 nT).

Najciekawszą chyba konsekwencją istnienia pola magnetycznego Ganimedesa jest wykrycie magnetosfery. W odróżnieniu od znanych w Układzie Słonecznym magnetosfer ta magnetosfera znajduje się WEWNĄTRZ innej magnetosfery planetarnej — w tym wypadku jowiszowej. Obecność magnetosfery udało się stwierdzić z pomocą pomiarów natężenia i kierunku pola magnetycznego w okolicach Ganimedesa jak i obserwując aktywność elektromagnetyczną plazmy. Pomiary magnetometryczne pozwoliły na stwierdzenie istnienie wnęki kontrolowanej przez pole magnetyczne Ganimedesa. Okazało się — podobnie jak dla innych magnetosfer — że o ile niektóre linie sił pola łączą się z liniami pola zewnętrznego (w tym przypadku jowiszowego), to istnieją również linie zamknięte, dla których obydwa końce przechodzą przez powierzchnię Ganimedesa. W danych magnetometrycznych znaleziono sygnaturę magnetopauzy, nie ma natomiast śladu fali uderzeniowej. Obecność silnego pola magnetycznego Ganimedesa nakłada poważne ograniczenia na przepływ plazmy w okolicach księżyca. W szczególności ewentualne osadzanie się materiału pochodzącego z zewnątrz mogłoby mieć miejsce w obszarach bliskich biegunów magnetycznych. Podobnie byłoby z wypływem neutralnych atomów lub molekuł wybijanych z powierzchni Ganimedesa czy z jego atmosfery.

Innym ważnym wskaźnikiem obecności magnetosfery są fale elektromagnetyczne powstające na jej granicach jak i we wnętrzu. GALILEO jest wyposażony w urządzenia do ich odbioru. Dwa rysunki przedstawiają tzw. widma dynamiczne (natężenie pola — tutaj w skali logarytmicznej — wyrażone w decyneperach) w funkcji czasu (oś X) oraz częstotliwości (oś Y) odbieranego promieniowania. Na osi X mamy kilka wielkości fizycznych, dla nas ważny będzie tylko czas (od 05:30 UT do 08:00 UT), pozostałe parametry orbity związane są z położeniem stacji w układzie współrzędnych związanych z Jowiszem. Pierwszy rysunek dotyczy widm odbieranych za pośrednictwem anteny magnetycznej, drugi elektrycznej.

Pozwala to na rozdzielenie fal elektromagnetycznych — mogących rozchodzić się daleko od miejsca powstania i odbieranych przez obydwie anteny, od elektrostatycznych odbieranych jedynie przez anteny elektryczne i ograniczających swój żywot do obszarów bliskich obszarowi generacji.

Od około 06:14 do 07:02 widoczne są na obydwu widmach wzmożone szumy radiowe. Związane są one z przejściem sondy w pobliżu Ganimedesa — największe zbliżenie (835 km od powierzchni księżyca) ma miejsce ok. 06:29:07.

Zacznijmy od widma składowej magnetycznej. Szumy radiowe o częstotliwościach pojedynczych kiloherców udało się utożsamić z tzw. świstami — falami elektromagnetycznymi rozchodzącymi się poniżej lokalnej częstotliwości cyklotronowej (lub plazmowej — zależy która z nich jest niższa). Z widma udało się wyznaczyć dolną granicę natężenia pola magnetycznego Ganimedesa. Wyszło 400 nT w okolicach największego zbliżenia (pomiary magnetometryczne dają dokładniejszą wartość — na równiku 750 nT).

Z kolei szumy odbierane przy pomocy anteny elektrycznej sięgają do częstotliwości rzędu 60 kHz — chodzi tu w szczególności o kapryśnie wijące się cienkie pasemko w górnej części widma dynamicznego. Jest to obraz tzw. fal górnohybrydowych o częstotliwości równej pierwiastkowi kwadratowemu z sumy kwadratów częstotliwości plazmowej i cyklotronowej elektronów. W ogólności znając natężenie pola magnetycznego w danym miejscu (z danych magnetometrycznych) można wyliczyć gęstość elektronów w jonosferze czy magnetosferze Ganimedesa. Zadanie jest o tyle proste, że jak pamiętamy, szumy związane ze świstami dochodziły jedynie do ok. 6 kHz (jak się okazało po porównaniu z danymi magnetometrycznymi, odpowiadało to około połowie częstotliwości cyklotronowej — jest to typowa sytuacja w wypadku świstów). W sumie kwadratów możemy zatem zaniedbać przyczynek od pola magnetycznego — jego dokładna znajomość nie jest potrzebna do wyznaczenia gęstości elektronowej. W ten sposób udało się wyznaczyć profil gęstości wzdłuż orbity GALILEO. Ekstrapolacja gęstości do powierzchni Ganimedesa dała wartość około 100 elektronów na centymetr sześcienny — skala wysokości atmosfery wynosi ok. 1000 km. Można mówić o atmosferze, bo profil gęstości jest symetryczny względem punktu największego zbliżenia. Gęstość atmosfery neutralnej jest zapewne wyższa, bo nie wszystkie atomy czy cząsteczki są zjonizowane.

Widma dynamiczne zawierają więcej informacji na temat emisji elektromagnetycznych i elektrostatycznych w magnetosferze Ganimedesa. Wszystkie udało się sklasyfikować w ramach informacji uzyskanych np. z badań magnetosfery Ziemi.

Na zakończenie warto jeszcze wspomnieć o źródle energii świstów w magnetosferze Ganimedesa. Zwykle świsty są produkowane przez elektrony pochwycone w pasach radiacyjnych będących strukturami organizowanymi przez zamknięte linie sił pola magnetycznego. Ponieważ część elektronów jest pochłaniana przez atmosferę, to rozkład prędkości pozostałych cząstek wykazuje niedomiar cząstek o dużych składowych pędu wzdłuż pola magnetycznego. Takie właśnie rozkłady dobrze generują świsty. W przypadku Ganimedesa pomimo obecności świstów nie udało się znaleźć pasów radiacyjnych. Okazało się jednak, że elektrony mogły przedostawać się do magnetosfery Ganimedesa z otaczającej ją magnetosfery Jowisza i po otwartych liniach sił pola docierać aż do powierzchni księżyca. Również obserwacje z Teleskopu Hubble'a zdają się wskazywać na obecność dość energetycznych cząstek naładowanych w pobliżu Ganimedesa — udało się zaobserwować świecenie w ultrafiolecie interpretowane jako pochodzące od emisji zorzowych w okolicach księżyca.

Dla przypomnienia może warto wspomnieć, że GALILEO został wystrzelony w przestrzeń międzyplanetarną z pokładu promu kosmicznego w roku 1989. Na orbitę wokółjowiszową wszedł 7 grudnia 1995 roku. Główne centrum sterowania misją znajduje się w Jet Propulsion Laboratory w Pasadenie w USA. Widma dynamiczne zostały uzyskane przy pomocy odbiornika fal plazmowych, szefem projektu jest prof. Donald A.Gurnett z Uniwersytetu stanu Iowa.

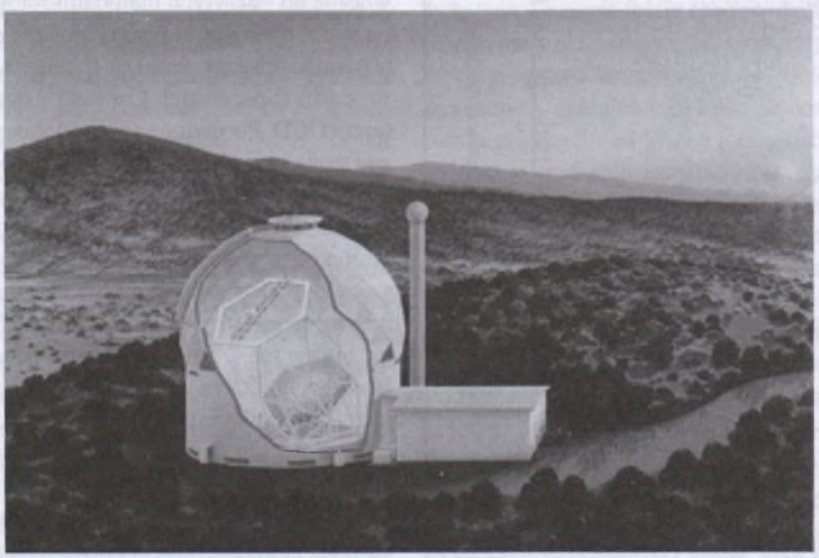
Roman Schreiber

„Oko Teksasu" stało się teleskopem „HET"

Nowy, oryginalnej konstrukcji, wielki teleskop wkrótce rozpocznie astronomiczną służbę w południowo-zachodnim Teksasie. Poczęty jako symbol astronomicznej potęgi Teksasu wielki teleskop nazwany „Oko Teksasu" rodzi się obecnie pod nazwą „teleskop Hobby'ego-Eberley'a" (*Hobby-Eberly Telescope czyli HET*). Dnia 10 grudnia 1996 roku 7 z 91 heksagonalnych zwierciadeł jego mozaikowego lustra odebrało „pierwsze światło" od gwiazd i obserwowany obiekt był „prowadzony" w czasie ekspozycji z dokładnością lepszą niż 0.1 sekundy łuku na sekundę (czasu). W ten sposób zademonstrowano poprawność funkcjonowania budowanego kolosa i praktycznie sprawdzono założenia konstrukcyjne.

Idea tego teleskopu pochodzi z połowy lat siedemdziesiątych od profesora Uniwersytetu Teksaskiego Harlana Smitha (zob. PA 4/94), długoletniego dyrektora Obserwatorium McDonalda w Fort Davis. Chodziło wtedy o teleskop z lustrem o rozmiarach przynajmniej 300 cali (ok. 8 m), zbierający dużo światła gwiazd, ale równocześnie tani i prosty w budowie. Postanowiono zbudować lustro mozaikowe złożone z dużej ilości luster o średnicach ok. 90 cm i nie budować całej konstrukcji mechanicznej pozwalającej na śledzenie ruchem teleskopu za ruchem sklepienia niebieskiego. Była to nowatorska i ambitna idea. Powstała koncepcja teleskopu tranzytowego, przed którym defiluje niebo, a w ograniczonym zakresie może śledzić gwiazdy dzięki ruchowi aparatury odbiorczej w ognisku teleskopu. Z pobudek lokalnego teksaskiego patriotyzmu nazwano go „Oko Teksasu". Na takiej zasadzie pracował już od lat teleskop radiowy w Puerto Rico. Zakres badań tego teleskopu widziano głównie w zastosowaniu metod spektroskopowych, które przecież są głównym źródłem naszej wiedzy o fizyce Kosmosu. Stąd wywodziła się jego oficjalna nazwa: SST — *Spectroscopic Survey Telescope*. Wobec spadku cen ropy naftowej, głównego bogactwa Teksasu na rynkach światowych i związanego z tym znacznego spadku możliwości finansowania tego projektu w ramach stanu Teksas, poszukiwano partnerów do dzielenia zarówno korzyści wynikających z posiadania wielkiego teleskopu, jak i kosztów jego budowy. Tak włączył się do tego projektu we wczesnych latach osiemdziesiątych Uniwersytet stanowy w Pensylwanii. Ustalono, że ma to być teleskop z mozaikowym lustrem sferycznym o średnicy (rzeczywistej) 11 m, złożonym z 91 luster 90 centymetrowych. Efektywnie, zależnie od kierunku obserwacji, czynna powierzchnia zbierająca tego lustra będzie równoważna lustru o średnicy 8-9 m.

Połączone siły Teksasu i Pensylwanii nie podołały jednak kosztom (13.5 mln. dolarów) tego teleskopu. Dopiero dobroczynny wkład Wiliama P. Hobby z Teksasu i Roberta E. Eberly z Pensylwanii oraz udział Uniwersytetu Stanforda (USA) i uniwersytetów z Monachium i Getyngi (RFN) pozwalają zakończyć tę nowatorską inwestycję. Na cześć głównych darczyńców teleskop ten nazwano teleskopem Hobby'ego-Eberley'a (*Hobby-Eberley teleskop — HET*). Stanął on na terenie Obserwatorium McDonalda na MtLocke koło Fort Davis w Teksasie. Jego twórcy są dumni z tego, że instrument ten ma proporcjonalnie bardzo wysoki współczynnik możliwości badawczych w stosunku do poniesionych kosztów. Lawrence W. Ramsey, jeden z głównych realizatorów tego projektu z Pensylwanii, ocenia, że tym teleskopem „za 15% ceny dostajemy 70% nieba". Przypuszcza się, że teleskop zostanie oddany w ręce astronomów na przełomie 1997 i 1998 roku. Jest przeznaczony do badań spektroskopowych takich obiektów, jak m.in. aktywne jądra galaktyk, kwazary, gromady galaktyk, ale też będzie poszukiwał planet wokół normalnych gwiazd i asteroidów przelatujących blisko Ziemi. Równolegle budowane są dla tego teleskopu 3 spektrografy o niskiej, średniej i wysokiej zdolności rozdzielczej. Na ogół sprzężone one będą z teleskopem HET za pomocą światłowodów, dając przez to możliwość równoczesnego uzyskiwania widm wielu obiektów. Oś optyczna sferycznego zwierciadła teleskopu będzie stale skierowana na niebo na punkt w odległości 35° od zenitu, ale cały teleskop będzie miał możliwość obrotu na poziomej podstawie (w azymucie) o 360°. W czasie obserwacji teleskop będzie miał ustalony azymut, a śledzenie obiektów obserwacji będziesię odbywało poprzez ruch korektora aberracji sferycznej lustra głównego za obrazem obiektu w ognisku teleskopu. Czas obserwacyjny może być dzielony na bloki obserwacyjne, w których elektroniczne detektory będą rejestrować i magazynować obrazy i, w miarę potrzeby, dodawać do nich obrazy uzyskane w czasie kolejnych tranzytów obserwowanych obiektów przed lustrem tego teleskopu. Kąt nachylenia lustra głównego do kierunku działania siły grawitacji jest w tym teleskopie zawsze taki sam. Niepotrzebna więc była budowa bardzo kosztownej konstrukcji utrzymującej kształt lustra w różnych pozycjach teleskopu i pozwalającej na poruszanie teleskopem w rytm ruchu Ziemi dookoła własnej osi. I na tym głównie polegają oszczędności kosztów. Powierzchnia mozaikowego lustra będzie srebrzona.



Teleskop HET w krajobrazie teksaskiego obserwatorium.

(aw)

Rotacja małych planet:
od bardzo szybkich do bardzo wolnych

Zastosowanie fotometrii CCD do badania zmian jasności planetoid doprowadziło do gwałtownego wzrostu ilości danych obserwacyjnych, i co istotniejsze, uczyniło możliwym badanie słabszych, a co za tym idzie mniejszych obiektów. W prezentowanej pracy przedstawiamy kilka nowych rezultatów wynikających z analizy takich danych obserwacyjnych, z których większość była otrzymana przez niedawno zmarłego Wiesława Wiśniewskiego*, Polaka, który studiował na Uniwersytecie w Poznaniu (Wiśniewski *i inni*, 1997).

W czasie ostatniego bliskiego przejścia planetoidy 4179 Toutatis koło Ziemi w 1992 roku, na podstawie obserwacji radarowych stwierdzono, że planetka ta jest w „dziwnym" stanie rotacji i okres obrotu jest bardzo długi. Harris (1994), opierając się na pracy Burnsa i Safronova (1973), doszedł do wniosku, że bardzo małe i wolno rotujące planetki mogą mieć czas relaksacji do stanu rotacji wokół osi maksymalnego momentu bezwładności dość długi w porównaniu ze spodziwanym czasem między kolejnymi zderzeniami (dla niektórych planetek może on być porównywalny z wiekiem układu słonecznego):

$$P^3 \approx 17\, D^2.\tau,$$

gdzie P jest okresem rotacji w godzinach, D jest średnicą planetki w kilometrach, a τ jest czasem relaksacji wyrażonym w miliardach lat. Rysunek 1 przedstawia relację między okresami rotacji a średnicami około 700 planetek, dla których znamy okresy obrotu.

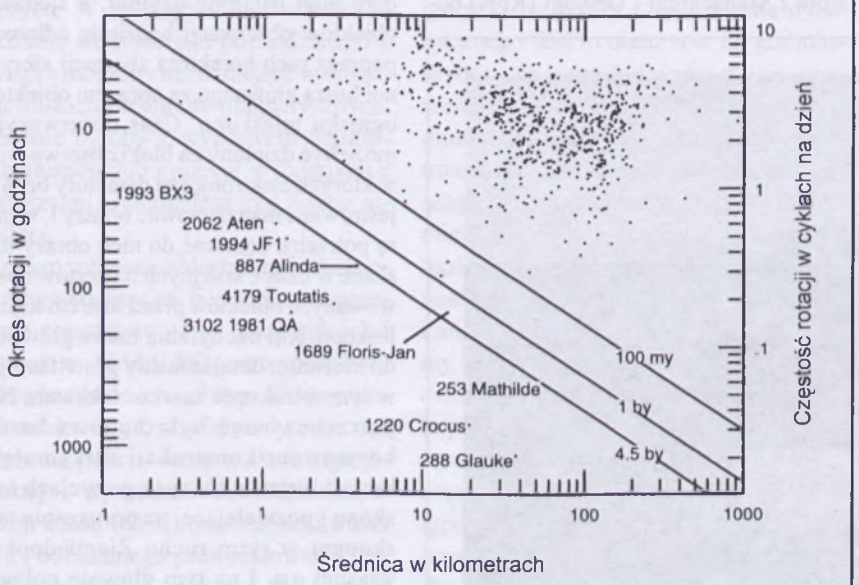
Diagonalne linie odpowiadają rozwiązaniu powyższej zależności dla $\tau = 100$ mln, 1 mld i 4.5 mld lat. Tylko kilka planetek pojawia się w miejscach, gdzie spodziewany jest „koziołkujący" ruch obrotowy. Między nimi jest również Toutatis, dla której krzywe zmian jasności i obserwacje radarowe rzeczywiście potwierdzają taki stan rotacji. Obserwacje zmian jasności kilku innych małych, zbliżających się do Ziemi, planetek wskazują, że one są także w stanach „koziołkującej" rotacji. Być może najbardziej interesująca jest planetka 253 Mathilde (Mottola *i inni*, 1995), w pobliżu której przeleci sonda kosmiczna *NEAR* (*Near-Earth Asteroid Rendezvous*). Jak dotąd nie wiemy, dlaczego niektóre planetki mają tak wolną rotację, z okresami kilku dni a nawet tygodni. Być może przelot sondy *NEAR* przyniesie jakieś rozwiązanie.

Na drugim końcu skali okresu rotacji są małe planetoidy, które rotują tak szybko, że przyspieszenie odśrodkowe na równiku jest prawie równe przyspieszeniu grawitacyjnemu. Ostatnio Harris (1996) ponownie przeanalizował rozkład prędkości obrotu małych planetoid o średnicach mniejszych niż 10 km. Dzięki możliwości korzystania z większej bazy danych obserwacyjnych można stwierdzić, że prawdopodobnie rozkład prędkości rotacji jest „ucięty", a nie gładko spadający do zera wraz ze zmniejszaniem się okresu rotacji.

Ten graniczny okres wynosi około 2 1/4 godziny (rysunek 2). To rzeczywiście sugeruje, że prędkość rotacji planetoid jest ograniczona przez prędkość, przy której ciało uległoby rozerwaniu, co z drugiej strony świadczy o tym, że nawet tak małe planetoidy nie są monolitami. Co więcej, graniczna prędkość wskazuje, że średnia gęstość takich planetek jest około 2.5 g/cm^3, co świadczy o znacznej porowatości skał, z których są one zbudowane. Możemy więc wyciągnąć wniosek, że większość małych planetoid jest raczej „zlepkiem odłamków" niż pojedynczymi skalnymi ciałami.

Trzeci wniosek wynikający z obserwacji Wiśniewskiego nie dotyczy rotacji, lecz populacji tzw. planetoid zbliżających się do Ziemi. Wiśniewski przeprowadził obserwacje fotometryczne wielu planetoid właśnie co odkrytych metodami fotograficznymi jak również przez jego kolegów używających tzw. *kamery kosmicznego strażnika* (Spacewatch Camera) z detektorem CCD. Porównując precyzyjne, wyznaczone przez Wiśniewskiego jasności, z oszacowaniami w momencie odkrycia (tabela 1) znaleźliśmy, że jasności fotograficzne są zawyżone, średnio o 0.7 magnitudo, podczas gdy jasności otrzymane z *kosmicznego strażnika* są bardzo dokładne. Sugerujemy, że to prowadzi do zafałszowania w statystyce populacji planetoid zbliżających się do Ziemi. Największe z nich (> 3 km) mogą być ponownie obserwowane technikami fotometrycznymi, więc ich jasności wykorzystane do oszacowania populacji będą poprawione w porównaniu z początkowymi oszacowaniami. Najmniejsze planetki (< 0.3 km) są

* Sylwetka naukowa Wiesława Wiśniewskiego została nakreślona w PA 1/95 s. 41.



Rys. 1. Zależność okresu rotacji od średnicy dla 688 planetoid. Diagonalne linie reprezentują stały czas relaksacji . Obiekty poniżej tych linii mogą być w stanie „koziołkowania".

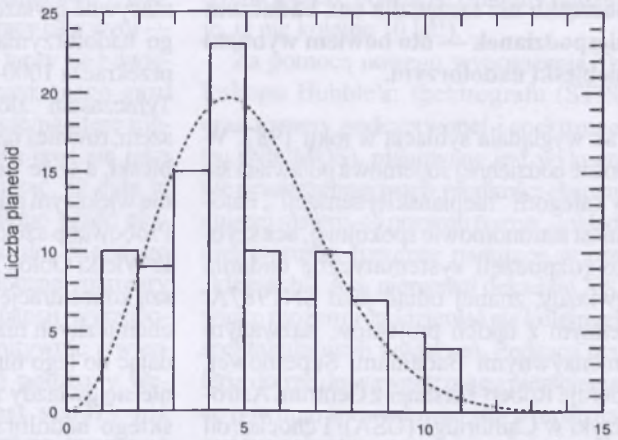
w większości odkryte przez *kosmicznego strażnika*, więc ich jasności są poprawne. Jednak planetki o średnich rozmiarach (między 0.3 a 3 km) są w większości odkrywane na fotografiach i nie są ponownie obserwowane detektorami elektronicznymi, więc większość jasności jest obarczona błędem wspomnianym powyżej. To prowadzi do „przeszacowania" populacji planetek o rozmiarach pomiędzy 0.3 a 3 km. Porównując to z opublikowanymi krzywymi pokazującymi zależność ilości planetek od ich rozmiarów, znajdujemy „garb" dokładnie w tym przedziale. To sugeruje, że jest to sztuczne zawyżenie obserwacyjne, jak wspomniano powyżej.

Alan W. Harris
Wiesław Z. Wiśniewski
Tłumaczył *T. Michałowski*

Artykuł jest referatem wygłoszonym na Kolokwium MUA nr 165 w Poznaniu w lipcu 1996 r. i będzie opublikowany w materiałach tej Konferencji. Dziękujemy wydawnictwu Kluwer Academic Publishers za uprzejmą zgodę na wykorzystanie tych materiałów w PA.

Tab. 1. Porównanie oszacowań jasności odkrytych planetoid zbliżających się do Ziemi.

	Odkrycia sond kosmicznych	Odkrycia fotograficzne
Ilość obiektów zbliżających się do Ziemi w próbce	7	14
Średnia jasność absolutna	19.3	17.2
Średnia średnica	0.4 km	1.0 km
H (fotometr.) – H (odkr.)	–0.07	+0.70



Rys. 2. Histogram częstości rotacji dla 107 planetoid o średnicach mniejszych niż 10 km. Widoczne jest ostre obcięcie powyżej 11 obrotów na dzień w porównaniu ze spodziewanym gładkim spadkiem.

„PIONEER 10" zakończył swą misję

Po 25 latach pracy w Kosmosie sonda międzyplanetarna Pioneer 10 zakończyła swą misję. W dniu 1 kwietnia 1997 roku zostały wyłączone ostatnie działające na niej przyrządy pomiarowe i „zamknięto" ziemskie systemy odbiorcze utrzymujące z nią łączność. Sondy typu „pioneer" służyły zwykle do zwiadowczego, pionierskiego, rozpoznania różnych celów badawczych. W szczególności Pioneer 10 i Pioneer 11 miały za zadanie rozpoznanie możliwości i warunków przejścia statku kosmicznego przez pas planetoid oraz uzyskanie poprzez pomiar *in situ* parametrów fizycznych bezpośredniego otoczenia Jowisza, w tym przede wszystkim magnetosfery jowiszowej i jego (przed misją hipotetycznych) pasów radiacyjnych. Przejście przez pas asteroidów oznaczało nie tylko niebezpieczeństwo zdeżenia z jakąś małą planetką, ale też efekty wywołane przechodzeniem przez chmurę pyłu międzyplanetarnego o nieznanych parametrach, tam skoncentrowanego. Testowano rownież system łączności z sondą. Źródłem energii sondy było (jest, bo ciągle działa i będzie działała jeszcze przez długie lata) radioizotopowe plutonowe ogniwo termoelektryczne. Baterie słoneczne w odległościach kilku jednostek astronomicznych od Słońca (odległość do Jowisza to ok. 5 jedn. astr.) nie zapewniałyby dostatecznej ilości energii. Na Ziemi trzeba było zbudować system odbiorczy „dalekiego zasięgu" oparty na radioteleskopach o 64-metrowej średnicy, aby chwytać słabe sygnały w miarę jak sonda sięgała coraz większych głębin Systemu Planetarnego. Można powiedzieć, że to właśnie sondy Pioneer 10 i Pioneer 11 utorowały kosmiczny szlak dla kolejnych, dużo bardziej złożonych, stacji badawczych dalekiego zasięgu, takich jak Voyagery i Galileo oraz przygotowywanej do drogi ku Saturnowi sondzie Cassini. Start Pioneera 10 nastąpił w dniu 2 marca 1972 roku z Przylądka Kennedy'ego na Florydzie. Ta sonda międzyplanetarna miała funkcjonować przez 2 lata. Jej całkowita masa wynosiła 260 kg, a na jej pokładzie było 11 instrumentów naukowych (z których 2 działały do chwili zakończenia jej misji). Koło Jowisza, w odległości zaledwie 131 tys. km. od jego powierzchni, sonda przeszła w dniu 10 grudnia 1973 roku. Zrobiła około 80 zdjęć planety i jej otoczenia, odkryła pasy radiacyjne, dokonała pomiarów pola magnetycznego i umożliwiła dość szczegółowe poznanie magnetosfery Jowisza. Analiza jej ruchu doprowadziła do lepszego wyznaczenia masy Jowisza (oraz jej rozkładu wewnątrz globu planety) i jego czterech największych satelitów. Pod działaniem pola grawitacyjnego Jowisza jej trajektoria została skierowana poza płaszczyznę ekliptyki, ku gwiazdom. Wyszła z pola grawitacyjnego nie tylko Ziemi, ale i Słońca. Znajduje się obecnie w odległości prawie 10 miliardow km od Ziemi i pędzi w przestrzeni oddalając się od Słońca z prędkością około 45 tys km/godz. Wysyłane przez nią sygnały potrzebowały ostat-

ciąg dalszy na str. 31

SN1987A — zagadka rozwiązana?

23 lutego 1987 roku był ważnym dniem. Ian Shelton wypatrzył na niebie w Wielkim Obłoku Magellana gwiazdę supernową, pierwszy taki obiekt widoczny gołym okiem od 1604 roku. Astronomowie zatarli ręce z zadowolenia — będzie okazja obserwować ewolucję supernowej od samego wybuchu. Szanse były tym lepsze, że gwiazda jest od nas niezbyt odległa. I co ciekawsze, od samego początku nie szczędziła ona badaczom niespodzianek — oto bowiem wybuchł niebieski nadolbrzym.

Tak wyglądała sytuacja w roku 1987. W prasie codziennej supernowa pojawiała się w kategorii "niebiańskiej sensacji", natomiast astronomowie spokojniej, acz szybko rozpoczęli systematyczne badania gwiazdy, znanej odtąd jako SN1987A. Jednym z takich projektów, nazwanym Intensywnymi Badaniami Supernowej, kieruje Robert Kirshner z Centrum Astrofizyki w Cambridge (USA). I chociaż od samego początku nie było powodów do narzekań na brak wartościowych danych obserwacyjnych, to trzeba jednak było trochę poczekać, zanim stała się widoczna sama sprawczyni całego zamieszania. Zaprezentowane zostały niedawno obrazy otrzymane Teleskopem Hubble'a, reprodukowane także na ostatniej stronie okładki poprzedniego numeru "Postępów Astronomii".

Nim opowiemy pokrótce historię SN1987A, na samym wstępie trzeba zaznaczyć, iż jest to najlepiej jak dotąd zbadana supernowa. W pierwszej połowie kwietnia na Uniwersytecie Southampton odbyła się specjalna sesja poświęcona supernowym i pulsarom, na której zaprezentowano co wiemy po tych 10-ciu pracowitych latach. I co więcej, jeżeli model zaproponowany przez Philippa Podsiadlowskiego okaże się słuszny, to będzie można ostatecznie ogłosić rozwiązanie głównej tajemnicy, a mianowicie dlaczego wybuchł

Niebieski Nadolbrzym ?!

Dotychczas wątpliwości nie budziła teza, iż tak gwałtownie kończą swój żywot masywne gwiazdy w stadium czerwonego nadolbrzyma, kiedy to ich promień przekracza 1000-krotnie promień Słońca. Tymczasem "złośliwie" wybuchł — owszem, również nadolbrzym — tyle, że niebieski, a więc "jedynie" o około 40-krotnie większym promieniu, niźli słoneczny! Próbowano szukać wyjaśnienia w fakcie, iż Wielki Obłok Magellana ma nieco niższą koncentrację cięższych pierwiastków chemicznych niż Droga Mleczna, dokładając do tego hipotetyczne przekształcenie się gwiazdy z czerwonego do niebieskiego nadolbrzyma, jakieś 30000 lat temu. Najnowsze obliczenia są jednakże bezwzględne wobec takiej wizji (aczkolwiek, jak przekonamy się później, rozwiązanie było blisko...) — nawet gdyby coś takiego zadziałało, pozostają dwie inne główne zagadki SN1987A: a) znacząca część materii z jądra gwiazdy wydaje się być całkowicie wymieszana z jej zewnętrznymi warstwami; b) dlaczego mgławica otaczająca supernową — niewątpliwie piękna sama w sobie — jest tak skomplikowana?

Jak już wiemy, trzeba było poczekać 10 lat, by móc odpowiedzieć na te pytania. Niemniej jednak, przez te wszystkie lata można było uważnie śledzić ewolucję obiektu, sprawdzając poprawność modeli opisujących zachodzące tam zjawiska. Przyjrzyjmy się i my dotychczasowemu życiu naszej bohaterki.

Nim jej dramat zaczął się rozgrywać na naszych oczach, w centrum presupernowej miały miejsce bardzo gwałtowne wydarzenia. Jądro gwiazdy zapadło się, tworząc gwiazdę neutronową (choć trzeba zaznaczyć, że uczeni nie wykluczają możliwości dalszej jej kontrakcji, aż do czarnej dziury; ponadto, jak dotąd nie zaobserwowano tam pulsara). Dzisiaj możemy już z większą pewnością powiedzieć, jak właściwie taki kolaps powoduje w konsekwencji rozerwanie całej gwiazdy. Winą należy obarczyć nie mniej tajemnicze cząstki — neutrina, które w ilości sztuk 19, istotnie zaobserwowano owego pamiętnego dnia 23 lutego. Uwolnione z gwiazdy neutronowej olbrzymie ilości neutrin, unoszą wyzwoloną energię grawitacyjną, przekazując ją warstwom leżącym powyżej. Powoduje to rozgrzanie materii do niewyobrażalnie wysokiej temperatury, co wytwarza niestabilności, zapoczątkowujące propagację fali uderzeniowej, która przetaczając się ku powierzchni gwiazdy, powoduje jej nieuchronną "rozsypkę". Oprócz wspomnianej detekcji neutrin, scenariusz taki wspiera obserwowane podczerwone widmo supernowej. Wciąż jednakże nie wiemy co determinuje, jaki ułamek swej energii przekazują neutrina w tej pierwszej fazie eksplozji.

Fala uderzeniowa w trakcie swej wędrówki przez gwiazdę, inicjowała eksplozywną nukleosyntezę, w wyniku której powstawały nowe pierwiastki chemiczne. W szczególności, pojawiło się około 0.1 M radioaktywnego niklu ^{56}Ni, co w pełni potwierdzają obserwacje. Spektroskopia podczerwona wykazała obecność produktu rozpadu tego niklu do kobaltu ^{56}Co, który z kolei przekształca się w żelazo ^{56}Fe. I to właśnie takie rozpady radioaktywne są odpowiedzialne za podtrzymywanie emisji z superno-

Ewolucja SN1987A w latach 1994-96. Zdjecie wykonane Teleskopem Hubble'a przez R.Kirshnera i J. Puna.

wej. Dodatkowo wiele wskazuje na to, że eksplozja i nukleosynteza nie były ściśle sferycznie symetryczne. Nikiel został prawdopodobnie wyprodukowany w około stu gęstych obszarach, niewykluczone że mających postać „palców" skierowanych radialnie na zewnątrz. Gdy nikiel rozpadał się do kobaltu, a ten dalej do żelaza, obszary te podlegały ekspansji względem reszty wyrzuconej materii, a zatem nastąpiło intensywne, wielkoskalowe jej wymieszanie. I to również wykazują badania spektroskopowe, zwłaszcza w bliskiej i dalekiej podczerwieni; asymetria wybuchu natomiast mogłaby bez trudu odpowiadać za duże prędkości własne wielu obserwowanych pulsarów.

W miarę trwania ekspansji wyrzuconej materii można było obserwować nie tylko atomy, ale także powstawanie znaczących ilości molekuł i pyłu. Na przykład tlenek węgla odgrywał ważną rolę w chłodzeniu wielkich obszarów tego materiału; pył powstał w gęstych, nieprzezroczystych do dziś „palcach". Kiedy supernowa osiągnęła wiek około dwóch lat, nastąpiły dwa zdarzenia, określone jako „katastrofa podczerwona" i „wymrożenie". Nie wdając się w szczegóły trzeba powiedzieć, że wyjaśnienie tych procesów jest konieczne, jeśli chcemy zrozumieć sposób, w jaki kształtowane są krzywa blasku i widmo supernowej, długo po jej wybuchu.

W 1990 roku w dziedzinie radiowej zaczęło być widoczne zderzanie się materii wyrzuconej z okołogwiazdową. Emisja radiowa stale wzrastała, a efekty oddziaływania obu obszarów materii zarejestrowano obecnie również w promieniowaniu rentgenowskim i w dalekiej podczerwieni.

Najnowsze obrazy z Teleskopu Hubble'a ujawniły nareszcie strukturę „śmieci" pozostałych po supernowej. Mają one obecnie wielkość około 1/6 roku świetlnego i tworzą strukturę złożoną z dwóch „kleksów", oddalających się od siebie z prędkością blisko 10 milionów km/s i ciemnego obszaru pomiędzy nimi (związanego być może z równikowym pasem materii, istniejącej jeszcze wokół presupernowej). Wydaje się poza tym, że ekspansja tej materii następuje w kierunku prostopadłym do płaszczyzny wewnętrznego pierścienia, otaczającego supernową. I tak dotarliśmy na próg rozwiązania zagadki SN1987A. Jak twierdzi dr Podsiadlowski, trzeba zwiększyć liczbę bohaterów w tej opowieści i zapostulować

Układ Podwójny!

Według uczonego gwiazda przed wybuchem należała do ciasnego układu podwójnego, jednakże jakieś 30 000 lat temu wchłonęła drugi składnik. Przyjrzyjmy się bliżej, jak zmieni to obraz sytuacji.

Zmierzyć się trzeba ze skomplikowanym rysunkiem, jaki tworzy mgławica otaczająca pozostałości po supernowej, doskonale widoczne na zdjęciach z teleskopu Hubble'a. Dominujący cały wzór — wewnętrzny pierścień — łączy się z dwiema pętlami bardzo rozrzedzonego gazu (tak rzadkiego, iż w rzucie na sferę niebieską sferyczna struktura jawi się jako pierścień). Należy pamiętać, iż cała ta mgławica powstała na długo przed eksplozją. Znając odległość do Wielkiego Obłoku Magellana, widoczne rozmiary mgławicy i prędkość ekspansji wyrzuconej materii, można definitywnie stwierdzić, że nawet najbliżej położony wewnętrzny pierścień jest starszy niż SN1987A. Mówiąc w skrócie, tworzą go owoce aktywności ostatnich 30 000 do 60 000 lat, kiedy to progenitor intensywnie pozbywał się materii, którą później ścisnął wiatr niebieskiego nadolbrzyma.

Godne uwagi jest to, że nie jest nam potrzebny jakiś wyjątkowy układ podwójny — wystarczy całkiem typowa para gwiazd, byle połączenie tych dwóch gwiazd nastąpiło po wypaleniu całego helu w jądrze progenitora. Podczas złączenia, trwającego tylko kilka lat lub co najwyżej dekad, drugi składnik jest całkowicie niszczony, a jego materia zostaje wymieszana z otoczką i częścią jądra presupernowej. Otrzymujemy zatem gwałtownie rotującą gwiazdę z dokładnie wymieszaną otoczką — co tłumaczy taką obserwowaną osobliwość. Gwiazda taka dąży potem do przekształcenia się w niebieskiego nadolbrzyma, w tym celu musi się wszakże pozbyć części swej masy, z racji zbyt gwałtownej rotacji. Wokół równika formuje się dysk, a kiedy gwiazda jest już w fazie niebieskiego nadolbrzyma, jej silny wiatr gwiazdowy „wymiata" go na zewnątrz, przyczyniając się do powstania widocznego obecnie wewnętrznego pierścienia. Zewnętrzne pętle natomiast to wynik oddziaływania wiatrów gwiazdowych obu składników układu podwójnego jeszcze przed ich połączeniem.

* * *

Scenariusz „zlania" się gwiazdy podwójnej w jeden obiekt najlepiej tłumaczy dotychczasowy życiorys SN1987A. Przedstawiony model przewiduje ponadto specyficzne anomalie chemiczne, które powinny pojawić się podczas samego połączenia. Ich wykrycie dostarczyłoby znakomitego potwierdzenia teorii. Na to trzeba jeszcze poczekać (miejmy nadzieję, iż nie kolejne 10 lat!).

Za pomocą nowego wyposażenia Teleskopu Hubble'a: spektrografu (STIS) oraz kamery podczerwonej i spektrometru (NICMOS), planowane jest wykonanie przestrzennej mapy prędkości ekspandującej materii, co pozwoli poznać dokładniej warunki fizyczne panujące w obu „kleksach". A w pierwszej dekadzie XXI wieku możemy spodziewać się kolejnych spektakularnych wydarzeń. Pędząca materia dotrze do wewnętrznego pierścienia, co powinno spowodować stu- a może nawet tysiąckrotny wzrost jasności tego obszaru. Będzie to zarazem wspaniałe laboratorium do badania, w czasie rzeczywistym, oddziaływania fali uderzeniowej z materią i przyspieszania cząstek.

Marek Gołębiewski

ciąg dalszy ze str. 29

nio przeszło 9 godzin, aby dotrzeć do Ziemi, Ich moc z tej odległości była już za słaba, aby przekazywć nam dobrej jakości informacje naukowe, co było głównym powodem wyłączenia stacji. Za około 30 tys. lat Pioneer 10 minie w odległości ok. 3 lat świetlnych gwiazdę Ross 248 w gwiazdozbiorze Byka. Na jego pokładzie znajduje się plakietka informująca ewentualne pozaziemskie cywilizacje o naszym istnieniu, naszej wiedzy i przyjaznym nastawieniu do Innych w Kosmosie (patrz PA 1/97 str. 41).

Misja sondy kosmicznej Pioneer 11, wysłanej 5 kwietnia 1973 roku zakończyła się w końcu 1995 roku z powodu wyczerpania się jej pokładowego źródła energii. Ostatni kontakt z nią był w listopadzie 1995. Obecnie sonda ta pędzi w kierunku gwiazdozbioru Orła i być może przejdzie w pobliżu jednej z jego gwiazd za około 4 miliony lat. I na jej pokładzie również znajduje się plakietka z informacją o nas, Ziemianach. (aw)

Pożegnanie z planetą wokół 51 Peg?

Przed dwoma laty Michael Mayor i Didier Queloz z Obserwatorium Genewskiego, po kilkunastu miesiącach żmudnych obserwacji i pomiarów, opublikowali w *Nature* sensacyjną wiadomość o odkryciu wokół podobnej do Słońca gwiazdy 51 Pegasi planety o masie co najmniej pół masy Jowisza (patrz PA 4/95, s. 158). Pewne niedowierzanie budził fakt, że planeta miałaby krążyć wokół gwiazdy z okresem orbitalnym zaledwie 4.23 dni, na kłopotliwie niskiej, kołowej orbicie o promieniu około 0.05 jednostki astronomicznej, a więc nie tylko około 8 razy bliżej, niż wynosi odległość Merkurego od Słońca, ale zaledwie kilka promieni gwiazdy nad jej powierzchnią. Wyraźna separacja na planety gęste, małe i bliskie Słońca oraz wielkie, rzadkie, ale odległe w Układzie Słonecznym wywołana jest oczywistym wywianiem lekkich pierwiastków z planet wewnętrznych z powodu silnego ogrzewania przez Słońce. Z Jowisza wstawionego przez jakiegoś kosmicznego guru na orbitę Merkurego zapewne po niedługim czasie zostałoby niewiele więcej niż z Ziemi lub Wenus. Istnienie więc planet o porównywalnych z Jowiszem masach w tak bliskich odległościach od gwiazdy centralnej sprawiłoby dużo kłopotów w rozumieniu mechanizmów powstawania układów planetarnych i narobiłoby zamieszania w rachunkach ewolucyjnych. Wydawało się, że sytuacja jeszcze się pogorszyła, gdy do pogoni za planetami włączyli się Goeffrey Marcy z Uniwersytetu Stanowego w San Francisco i Paul Buttler z Obserwatorium Licka, którzy nie tylko potwierdzili odkrycie Mayora i Queloza, ale spośród ponad 100 przebadanych gwiazd co najmniej do dwóch dorzucili kolejne planety. Niedługo z różnych obserwatoriów dysponujących aparaturą do pomiarów spektralnych o odpowiednio dużej zdolności rozdzielczej sypnęło planetami jak z przysłowiowego rogu obfitości (patrz PA 1/96 s. 31-32). Masywne planety wokół τ Boo, η And ρ Cnc i innych gwiazd, o okresach orbitalnych od kilku dni, poprzez kilka tygodni, aż do kilku lat w przypadku 47 UMa i 16 Cyg B, szybko wydały się faktem i... teoretycy zabrali się do pracy.

Swoista euforia trwała aż do początku obecnego roku, kiedy to David Gray z Uniwersytetu Western Ontario w Kanadzie najpierw rozesłał tzw. preprint, a potem opublikował w *Nature* (vol. 385, s. 795-796) pracę, dzięki której istnienie planety wokół 51 Peg, a pewnie i innych, stało się wątpliwe. Gray jest niezwykle doświadczonym spektroskopistą, w tym również autorem znanego podręcznika o obserwacjach i analizie fotosfer gwiazdowych, na którym zdążyło się już wychować kilka pokoleń astrofizyków, w tym pewnie zarówno Mayor i Queeloz, jak i Marcy z Butlerem, nie mówiąc o autorze niniejszej notatki.

Na czym polega analiza wykonana przez Graya? Jak wiadomo, wykrycie wszystkich domniemanych planet wokół gwiazd podobnych do Słońca opiera się na niezwykle precyzyjnych pomiarach prędkości radialnych tych gwiazd i wykryciu minimalnych — nie przekraczających prędkości kilkudziesięciu metrów na sekundę (!) — cyklicznych zmian tych prędkości wskutek ruchu gwiazdy wokół wspólnego środka masy z planetą, a więc pod wpływem oddziaływania grawitacyjnego tej domniemanej planety. Jest to stara jak świat, a przynajmniej jak astrofizyka, metoda odkrywania spektroskopowych układów podwójnych. W zastosowaniu do planet jednak, wskutek ich niewielkich w porównaniu z gwiazdą mas, wymaga niezwykłej precyzji pomiaru prędkości radialnych. Potrzebne do tego są nie tylko spektrografy o największych możliwych spektralnych zdolnościach rozdzielczych, ale i widma o bardzo wysokim stosunku sygnału do szumu. Obserwacje takie stały się możliwe ostatnio — z jednej strony dzięki coraz większej powszechności teleskopów o wielometrowej średnicy, jak teleskop Kecka, albo właśnie próbowany teleskop Hobby-Eberly (HET) w Teksasie (patrz s. 27 w tym zeszycie PA), ale przede wszystkim dzięki zastosowaniu detektorów CCD w astronomii. Wszystkie obserwacje, o których tutaj mowa, wykonano przy użyciu „zaledwie" 2- lub 3-metrowych teleskopów z doskonałymi spektrografami. Warto przy okazji zauważyć, że istnieje mglisty projekt udziału Polski w budowie repliki „Kecka" bądź „HETa" na Wyspach Kanaryjskich lub w Południowej Afryce. Warto zauważyć, że jeżeli pomiary prędkości radialnych opierają się na pomiarach przesunięć fotosferycznych linii widmowych, to linie takie tylko wskutek rotacji gwiazd i ruchów turbulentnych osiągają w gwiazdach podobnych do Słońca szerokość „połówkową" (w połowie głębokości) 1.5-2.5 km/s. Poszukując więc efektów na poziomie kilku metrów na sekundę, wchodzimy w detale na poziomie kilku promili szerokości linii. Nietrudno sobie wyobrazić, że jeżeli nauczymy się mierzyć efekty na takim poziomie, można nie tylko wykryć bardzo niewielkie ruchy całej gwiazdy, ale i bardzo niewielkie ruchy w samej fotosferze gwiazdy. Oczywiste jest, że ruch orbitalny będzie powodował przesuwanie się całej linii, natomiast ruchy materii w cienkiej, kilkudziesięciokilometrowej warstwie atmosfery gwiazdy (gdzie powstaje linia) mogą się objawiać poprzez zmianę kształtu linii. Dokładność pomiarów prędkości radialnych w gwiazdach może więc sięgać

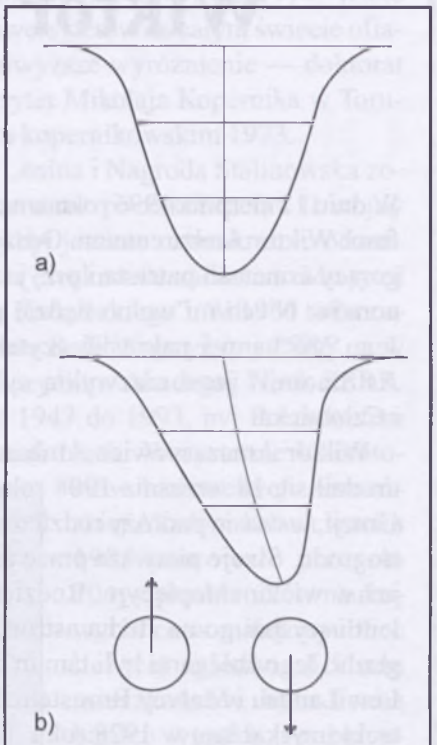
2.5 m/s, co jest zupełnie wystarczające jeżeli zważyć, że Jowisz wywołuje „kolebania" Słońca o amplitudzie 12.5 m/s. W żadnym jednak wypadku cykliczny, orbitalny ruch nie może zmienić kształtu profilu linii. Oczywiście analiza kształtu linii jest o wiele trudniejsza niż tylko pomiar jej globalnego położenia. A jednak Gray tego dokonał! Z jego pomiarów wynika niemal niezbicie, że kształt linii w 51 Peg zmienia się, i to dokładnie z okresem odpowiadającym okresowi orbitalnemu domniemanej planety, z czego wynika, że wprawdzie wykryte przez Mayora i Queloza zmiany prędkości radialnych są realne, ale w żadnym wypadku nie mogą pochodzić z ruchu orbitalnego i domniemana planeta wokół tej gwiazdy nie istnieje!

Badania kształtu linii widmowych najlepiej prowadzić poprzez analizę tzw. bisektorów (patrz rysunek). Poziome linie łączące „niebieski" (krótkofalowy) i „czerwony" (długofalowy) brzeg lini dzieli się na pół i otrzymana z połączenia punktów podziału krzywa jest miarą kształtu i asymetrii linii. Przyczyn asymetrii może być wiele, jednak w konwektywnych fotosferach zwyczajnych karłów takich jak Słońce wywołana jest ona przede wszystkim granulacją powierzchni. Fotosfera taka to po prostu kipiący garnek, w którym gorętsze bąble wydostają się na powierzchnię, a te już ochłodzone opadają. Te gorętsze, a więc przybliżające się, niosą trochę więcej energii i tak powstaje asymetria linii. Do pomiarów takich efektów potrzebne są widma o najlepszych zdolnościach rozdzielczych i najwyższych stosunkach sygnału do szumu. Gray przeanalizował 39 obserwacji 51 Peg w latach 1989-96 w zdolności rozdzielczej $\lambda/\Delta\lambda \approx 100000$, badając „bisektory" linii żelaza niezjonizowanego FeI λ6252.57Å. Maksymalna rozpiętość linii bisektorów (w m/s) okazała się zmienna z okresem 4.25 dni, równym okresowi orbitalnemu domniemanej planety z amlitudą ± 45 m/s, bliską tej zmierzonej przez Mayora i Queloza oraz Marcy ze współpracownikami (± 56-59 m/s). Kształt linii bisektorów, a zwłaszcza rozpiętość jej wygięcia, zależy od temperatury i jasności gwiazdy. Aby upewnić się czy otrzymany zaskakujący wynik jest realny, Gray przeprowadził dodatkowo analizę stosunku centralnych głębokości (parametru o wiele łatwiej i dokładniej mierzonego niż bisektory) linii wanadu VI λ6251.83Å i wspomnianej wyżej bliskiej linii żelaza. Linie te mają znaną różną czułość na temperaturę i oczywiście w taki sam sposób powinny ulegać poszerzeniu dopplerowskiemu (wskutek ruchu). Stosunek ten okazał się zmienny na poziomie 5% z tym samym okresem 4.27 dni. Wydaje się to przekonywać ostatecznie, że przynajmniej w przypadku 51 Peg mamy do czynienia z nieznaną dotąd, fizyczną zmiennością w atmosferze gwiazdy, w żadnym zaś wypadku z ruchem orbitalnym wywołanym domniemaną planetą.

Powyższy wynik budzi jednak kilka zastrzeżeń i jeszcze więcej pytań. Przede wszystkim nie można na razie zidentyfikować procesu fizycznego odpowiedzialnego za obserwowane zmiany. Narzucająca się identyfikacja z okresem rotacji gwiazdy nie wytrzymuje konfrontacji z całkowitym poszerzeniem rotacyjnym linii, który wydaje się co najmniej kilkukrotnie dłuższy. Z kolei powiązanie zmienności z oscylacjami nieradialnymi nie wytrzymuje porównania ze Słońcem, gdzie jak wiadomo mają one okres około 5 minut. Gray zauważa jednak, że 51 Peg jest — w porównaniu ze Słońcem — już nieco bardziej odewoluowana w stronę czerwonych olbrzymów, gdzie mogą pojawić się bardziej długookresowe pulsacje w modach grawitacyjnych. To jednak szczegóły. Bardziej jest jednak istotne, że wszelkie globalne zmiany fotosferyczne (wszak na widmie obserwuje się obraz uśredniony całej fotosfery) powinny dać również jakąś zmienność fotometryczną. Wprawdzie na poziomie około tysięcznej części wielkości gwiazdowej prawie wszystkie gwiazdy okazują się zmienne, jednak cyklicznych zmian blasku z okresem 4.27 dni w 51 Peg do tej pory nie wykryto. Być może jest to tylko kwestia czasu, a być może mechanizm powstawania odkrytej zmienności jest zupełnie inny i nie powoduje zmian blasku.

Wydaje się, że jeżeli wynik Graya potwierdzi się, a spodziewam się takich masowych potwierdzeń, wszystkie niedawno odkryte rzekome planety wokół gwiazd podobnych do Słońca o krótkich okresach orbitalnych nie istnieją. Trudniej będzie się uporać z odrzuceniem (lub potwierdzeniem) istnienia tych na szerszych, „jowiszopodobnych", orbitach. Miejmy nadzieję, że przetrwają.

Maciej Mikołajewski



a) Symetryczna linia z poszerzeniem rotacyjnym.
b) Elementy (bąble) gorętrze unoszą się ku górze i wnoszą nieco więcej energii niż opadające elementy chłodniejsze. Turbulencja powoduje więc nie tylko poszerzenie linii, ale i jej asymetrię schematycznie pokazaną na rysunku.

Z OSTATNIEJ CHWILI:

Kiedy już oddawałem powyższy tekst do druku, zauważyłem w Astrophysical Journal (Vol. 478, s. 374) pracę Artie P. Hatzesa i współpracowników z Obserwatorium McDonalda w Teksasie, stawiającą wyniki Graya pod dużym znakiem zapytania. Ich obserwacje 51 Peg wykonane 2.7 m teleskopem i spektrografem z imponującą efektywną zdolnością rozdzielczą $\lambda/\Delta\lambda \approx 170000$ nie potwierdzają zmiennego kształtu linii i rozpiętości bisektorów uzyskanych przez Graya... przynajmniej w granicach błędu. Podobny rezultat dotyczy zmiany szerokości równoważnej niektórych linii. Kłopotliwe jest również ograniczenie zmienności fotometrycznej gwiazdy poniżej 0.0007 wielkości gwiazdowej. W sumie daje to ograniczenia na zmiany temperatury gwiazdy około 4 K! Autorzy wykluczają w związku z tym możliwość występowania pulsacji nieradialnych. Godzi się jednak zauważyć, że uzyskany wynik w granicach błędu zgadza się z wynikiem Graya, bo autorzy opublikowali wynik tylko dla obserwacji w trzech różnych fazach okresu 4.25 dni. Niby tęsknimy za planetami, a jednak czuję, że autorzy opublikowali pracę za wcześnie. Sprawa planety jest więc wciąż otwarta.

M.M.

Wiktor A. AMBARCUMIAN
1908 – 1996

W dniu 12 sierpnia 1996 roku zmarł w Erewaniu profesor Wiktor Ambarcumian. Odszedł Wielki Uczony, gorący armeński patriota i przyjaciel polskich astronomów. Niech mi wolno będzie pochylić czoła nad Jego prochami i nakreślić czytelnikom „Postępów Astronomii" jego niezwykłą sylwetkę Naukowca i Człowieka.

Wiktor Amazaspowicz Ambarcumian, Ormianin, urodził się 18 września 1908 roku w Tbilisi, stolicy Gruzji, w czasie podróży rodziców z Armenii do Piotrogrodu. Swoje pierwsze prace astronomiczne pisał już w wieku chłopięcym. Rodzice docenili Jego talent i wysłali go na studia astronomiczne do Leningradu. Jego kolegami byli tam m.in. George Gamow, Lew Landau i Matvey Bronstein. Dyplom uniwersytecki uzyskał tam w 1928 roku. Nad swym doktoratem pracował w słynnym i zasłużonym dla astronomii obserwatorium w Pułkowie pod Leningradem w latach 1928-1931. Opiekę naukową sprawował nad nim Aristarkh Belopolsky, dla którego Ambarcumian zachował wielki szacunek do końca życia. Tylko w pierwszych dwóch latach tego okresu młody astronom opublikował 22 prace w międzynarodowych czasopismach astronomicznych! Jego praca *The Quantization of Space* przedstawiona na konferencji w Odessie w 1930 roku w obecności m.in. Sommerfelda, Pauliego, Jordana i Diraca, w opinii Pauliego wyprowadziła elektrodynamikę kwantową z impasu, w którym ta gałąź fizyki podówczas się znalazła. Z początkiem lat trzydziestych Wiktor Ambarcumian rozpoczął pracę wykładowcy Uniwersytetu Państwowego w Leningradzie, a w roku 1934, w wieku zaledwie 26 lat, został mianowany profesorem astrofizyki tego uniwersytetu. Od tego czasu organizuje w Leningradzie badania astrofizyczne i kieruje z Jego inicjatywy utworzoną Katedrą Astrofizyki tamtejszego uniwersytetu przez przeszło 10 lat, do czasu przeniesienia się do Armenii w 1946 roku. Jest „ojcem" radzieckiej astrofizyki teoretycznej, a Jego książka *Theoretical Astrophysics*, wydana w 1958 roku przez wydawnictwo Pergamona w Wielkiej Brytanii (po kilku wcześniejszych wydaniach w języku rosyjskim) stała się astrofizyczną biblią dla ówczesnej generacji astronomów na całym świecie.

Od drugiej połowy lat 30-tych pochłaniała Go idea budowy wielkiego obserwatorium astrofizycznego w Jego ojczystej Armenii. Oficjalnie utworzone w 1946 roku Obserwatorium Biurakańskie było Jego autorskim pomysłem. Przez wiele dziesiątków lat kierował tą placówką, a ona czerpała projekty badawcze z jego nowatorskich idei i mało ortodoksyjnych koncepcji budowy otaczającego nas świata gwiazd i galaktyk. Od 1947 roku Wiktor Ambarcumian był profesorem astrofizyki w Państwowym Uniwersytecie w Erewaniu, trochę później członkiem Akademii Nauk ZSRR i Armeńskiej Akademii Nauk. Był też twórcą międzynarodowego czasopisma astrofizycznego „Astrofizyka", którym kierował, podobnie jak Obserwatorium Biurakańskim, do połowy lat 80-tych.

W początkach swej kariery naukowej Wiktor Ambarcumian uprawiał astrofizykę teoretyczną. Interesował Go przepływ promieniowania w gwiazdach i teoria rozproszenia światła w atmosferach planetarnych. Później Jego zainteresowania skierowały się na ewolucję gwiazd, problem tworzenia się gwiazd oraz pochodzenia i ewolucji systemów gwiazdowych. W latach 1941-43 wysunął koncepcję istnienia asocjacji gwiazdowych. Wcześniej znane były gromady gwiazdowe — luźne i mało liczne (gromady otwarte), lub zwarte i bardzo bogate w gwiazdy (gromady kuliste) skupiska gwiazd. Ambarcumian zauważył, że pewne grupy gorących gwiazd (typów widmowych O i B) stanowią dynamicznie niestabilne systemy (asocjacje) gwiazdowe i wobec tego muszą być znacznie młodsze niż ogół populacji gwiazdowej. Ta koncepcja legła u podstaw naszego dzisiejszego rozumienia procesów prowadzących do powstawania gwiazd, które trwają w sposób ciągły od zarania Świata i dzieją się obecnie nieomal na naszych oczach, co „Postępy Astronomii" wielokrotnie pokazywały. Ambarcumian postulował, że asocjacje gwiazdowe wzięły początek w supergęstych chmurach pierwotnej materii i nawet, że tam miały też swój początek galaktyki. To On pierwszy (już w latach 30-tych) wysunął, dziś powszechnie przyjmowaną, ideę postrzępionej, chmurowej, struktury materii międzygwiazdowej. On też pierszy mówił o aktywnych jądrach galaktyk (AGN), na wiele lat zanim takie obiekty rzeczywiście odkryto. Na brukselskiej konferencji Solvay'a (*Solvay Conference on Physics*) w roku 1958 Ambarcumian przedstawił swą wizję wielkich wybuchów i wyrzutów wielkich ilości materii z jąder galaktyk oraz konieczności

istnienia w takich jądrach ciał o wielkich masach i nieznanej naturze. Dziś już na pierwszych latach studiów uczymy naszych studentów o aktywnych jądrach galaktyk i czarnych dziurach. Ale wtedy, w czasie przerwy w obradach konferencji, Walter Baade, słynny astronom amerykański, podszedł do Ambarcumiana i powiedział: *„Panie profesorze, Pan pochodzi ze Związku Radzieckiego, a ja z Ameryki. Pan powinien więc być materialistą, a ja idealistą. Ale to co Pan przed chwilą powiedział, jest niczym innym jak tylko czystym idealizmem! To jest fantastyczne! Pan mówi o jakiegoś rodzaju „niegwiazdowych" obiektach, których nikt nigdy nie widział. Więc musi to być coś niepojętego, coś tajemniczego*". Jeden z uczniów Ambarcumiana, B. Markarian, wykonał później w Obserwatorium w Biurakanie duże obserwacyjne studium galaktyk, o których mówił jego Mistrz, i dziś wyróżniamy klasę galaktyk z nadwyżką promieniowania w ultrafiolecie, zwaną galaktykami Markariana. A Obserwatorium Astrofizyczne w Biurakanie gościło w latach 1966 i 1986, 10 i 30 lat po wysunięciu koncepcji istnienia AGN-ów, duże międzynarodowe konferencje poświęcone badaniom tych obiektów.

Ambarcumian otrzymał wiele wyróżnień i nagród zarówno w Związku Radzieckim jak i na forum międzynarodowym. Trzeba powiedzieć, że międzynarodowa społeczność astronomiczna ceniła Go najwyżej ze wszystkich radzieckich astronomów. Najpierw Międzynarodowa Unia Astronomiczna wybrała Go swym wiceprezesem, a w 1961 roku powołała na stanowisko Prezydenta, co było powszechnie rozumiane jako uznanie z jednej strony dla Jego wybitnych osiągnięć naukowych, a z drugiej dla klasy Uczonego i Człowieka, jaką okazał w trudnych, stalinowskich, latach zimnej wojny. Później (1970 – 1974) był też prezydentem Międzynarodowej Rady Unii Naukowych (*International Council of Scientific Unions — ICSU*). W roku 1960 brytyjskie *Royal Astronomical Society* (którego członkiem stowarzyszonym był od roku 1953) przyznało Mu swój złoty medal, a amerykańskie Towarzystwo Astronomiczne Pacyfiku medal im. Bruce'a. Akademie nauk przeszło 25 krajów nadały Mu honorową godność członka zagranicznego. Polska Akademia Nauk zrobiła to w roku 1974. Wiele renomowanych uniwersytetów na całym świecie ofiarowało Mu swe najwyższe wyróżnienie — doktorat honorowy. Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu zrobił to w roku kopernikowskim 1973.

Pierwszy Order Lenina i Nagroda Stalinowska zostały Mu przyznane zaraz po zakończeniu II wojny światowej. Później był jeszcze czterokrotnie odznaczany tym orderem i dwukrotnie nadawano Mu tytuł „bohatera Związku Radzieckiego". W 1950 roku został deputowanym do Rady Najwyższej ZSRR, a w 1961 członkiem Prezydium Akademii Nauk ZSRR. Przez wiele lat, od 1947 do 1993, był Prezydentem Armeńskiej Akademii Nauk. W systemie laboratoriów badawczych Armeńskiej Akademii Nauk w roku 1985 pracowało przeszło 20 tys. pracowników naukowych, co w małej republice liczącej zaledwie 3.5 mln mieszkańców, było liczbą bardzo wysoką. Ambarcumian był z tego bardzo dumny. Gdy został (z urzędu) członkiem Komitetu Centralnego KPZR, stał się gorącym obrońcą nie tylko spraw nauki, ale przede wszystkim rzecznikiem interesów Armenii na tym forum. Po upadku ZSRR nadano Mu tytuł Bohatera Narodowego Armenii. W roku 1990, w wieku 82 lat, wziął udział w trzytygodniowym strajku głodowym w proteście przeciw łamaniu przez ZSRR praw ludzkich w Nagorno-Karabachu, armeńskiej enklawie Azerbejdżanu.

Powszechny w środowiskach astronomicznych na całym świecie był wielki szacunek i uznanie autorytetu naukowego i moralnego akademika Ambarcumiana. O Jego pracach naukowych mówiono, że były oryginalne i rewolucyjne oraz że wyróżniały się matematycznym pięknem i dokładnością. Inny wielki astronom Subrahmanyan Chandrasekhar, składając Mu gratulacje z okazji 80-tych urodzin, napisał: ***„On jest par exellence astronomem. Nie ma chyba więcej niż dwóch lub trzech astronomów w całym XX wieku, którzy mogą spoglądać na swe tak bardzo zasłużone i oddane postępowi astronomii życie"***.

Andrzej Woszczyk

Tysiąc zebrań naukowych Obserwatorium Astronomicznego UJ

(19 I 1934 – 25 X 1996)

Dawno już zapowiedziane i niecierpliwie oczekiwane tysięczne zebranie naukowe Obserwatorium Astronomicznego UJ odbyło się w piątek, 25 października 1996 r., w dużej sali tzw. „starego budynku" w Krakowie przy ulicy Orlej 171 o godz. 12. Wzięło w nim udział niemal pół setki osób — pracowników OA oraz zaproszonych Gości.

W Obserwatorium naszym nie ma — wszędzie tak teraz powszechnej — tradycji świętowania pod byle pretekstem. Tym razem jednak wszyscy jednomyślnie zgodzili się, że okazja jest niecodzienna. Żadna inna placówka Uniwersytetu Jagiellońskiego nie może poszczycić się tak długą, nieprzerwaną serią naukowych zebrań.

Wkrótce [...] staniemy wobec faktu autentycznie niezwykłego — czytaliśmy w zaproszeniach rozesłanych na to uroczyste zebranie — *faktu, obok którego nie można i nie wolno przejść obojętnie: tysięczne zebranie naukowe Obserwatorium Astronomicznego UJ! W sumie to już przecież ponad sześćdziesiąt lat tych zebrań, między innymi dzięki temu, że odbywały się one nieprzerwanie przez cały ten czas: od wczesnych lat trzydziestych — i to nawet w okresie ostatniej wojny (w Obserwatorium jako jedynej działającej wtedy placówce Uniwersytetu).*

Oficjalnego otwarcia zebrania dokonał dyrektor Obserwatorium, prof. dr hab. Józef Masłowski. Powitał wszystkich zebranych, szczególnie zaś naszych byłych pracowników, zarówno emerytowanych, jak i tych, którzy — z rozmaitych powodów — odeszli do pracy w innych instytucjach naukowych. Wyraził nadzieję, że wszyscy oni będą częściej odwiedzać swą macierzystą placówkę. Zaapelował też do zgromadzonych, by w trakcie zebrania, pomimo jego uroczystego charakteru, wystrzegać się sztywnej, oficjalnej atmosfery.

Potem zabrał głos niżej podpisany. Przypomniał zgromadzonym, że pomysł, by tysięczne zebranie miało nieco inny charakter niż typowe zebrania, powstał jakieś dwa lata temu przy okazji redagowania przez niego, wraz z nieocenionym red. mgr Markiem Gierlińskim, czasopisma literackiego OA UJ — „Acta Brutusica". Czasopismo to nie zawsze było w swych tekstach śmiertelnie poważne. Teraz jednak, skoro tysięczne zebranie zostało już oficjalnie przez Dyrektora otwarte, ma ono charakter zupełnie legalny i poważny.

W swym wystąpieniu pani mgr Helena Jaśkowa, wiecznie młoda — choć pamiętająca jeszcze przedwojenne zebrania, przeniosła zgromadzonych w czasy odległe, w okres pierwszych zebrań, które od 19 stycznia 1934 r. (pierwsze zebranie) odbywały się w starej siedzibie Obserwatorium, w zabytkowym budynku w pobliżu wejścia do Ogrodu Botanicznego UJ przy ul. Kopernika 27. Trwałą pamiątką po tych zebraniach są mocno już zniszczone księgi zawierające ręcznie pisane protokóły. Na początku pierwszej z nich znajdujemy następujący tekst wypisany kaligraficznym, choć niespotykanie — wręcz irytująco drobnym charakterem pisma:

Uwaga dla przyszłego czytelnika.

Protokóły niniejsze w wielu, wielu miejscach są nieścisłe. Częściowo dlatego, że Sekretarka nie zapamiętała sobie dobrze, czy też nie zrozumiała, co mówiono, czy też z powodu braku umiejętności wysławiania się. Nad nieścisłościami tymi przy odczytywaniu protokółu z poprzedniego Zebrania przechodzono do porządku dziennego dla uniknięcia straty czasu, i wobec charakteru wewnętrznego protokółów.

T. Banachiewicz

Kraków, 21 września 1939 r.

Półtora miesiąca później autor tej lakonicznej notatki, dyrektor Obserwatorium Astronomicznego UJ w latach 1919-1954, wraz ze 183 innymi naukowcami krakowskiej *Almae Matris*, nie podejrzewając perfidnie spreparowanego podstępu, udał się do sali nr 66 *Collegium Novum* na rzekomy wykład niejakiego *Obersturmbannführera* Brunona Müllera, który miał mówić o „stosunku Rzeszy Niemieckiej i narodowego socjalizmu do spraw nauki i uniwersytetów". Oto co miał do powiedzenia *Herr* Müller:

„[...] Wasze usiłowania prowadzenia egzaminów i otwarcia Uniwersytetu są aktem złośliwym i wrogim względem Rzeszy Niemieckiej. Zresztą Uniwersytet Jagielloński był zawsze centrum propagandy antyniemieckiej. Uważajcie się za aresztowanych. Zostaniecie przewiezieni do obozu jeńców [Gefangenenlager], *gdzie będziecie pouczeni o waszej prawdziwej sytuacji. [...] Sądzę, że pan rektor* [prof. Tadeusz Lehr-Spławiński] *zechce otworzyć pochód."*[1]

Żaden z przybyłych na „wykład" nie wrócił tego dnia do domu, pewna zaś część już nigdy nie powróciła do swych bliskich. Na okres prawie czterech miesięcy zebrania naukowe w Obserwatorium zostały zawieszone.

[1] Jan Gwiazdomorski, *Wspomnienia z Sachsenchausen*, Wydawnictwo Literackie, Kraków 1964, s. 22.

Osławiona *Sonderaktion Krakau* (*Akcja specjalna Kraków*, 6 XI 1939 r.), ten nie mający sobie równego przejaw szczególnego cynizmu niemieckiego okupanta wobec polskiej inteligencji związanej z Uniwersytetem Jagiellońskim, była wielokrotnie wnikliwie analizowana przez historyków, szczególnie zaś — co zupełnie zrozumiałe — z punktu widzenia tych uczonych, którzy w niej ucierpieli najbardziej. Natomiast wspomnienia ówczesnego dyrektora krakowskiego Obserwatorium są niemal zupełnie nieznane. Otóż Banachiewicz, aresztowany także w *Collegium Novum*, przetrzymywany był wraz z innymi naukowcami kolejno: w krakowskim więzieniu na Montelupich (2 dni), w koszarach 20 pułku piechoty przy ulicy Mazowieckiej w Krakowie (4 dni), w więzieniu we Wrocławiu (17 dni) i ostatecznie wywieziony został do obozu koncentracyjnego w Sachsenchausen koło Oranienburga, (40 km na północ od Berlina). Wraz z częścią zwolnionych naukowców powrócił stamtąd 9 II 1940 r.

Interesujący jest — przypomniany przez mgr Jaśkową — epizod związany z podróżą pociągiem, aresztowanych profesorów, nocą w nieznanym kierunku. Niektórzy z nich mieli nadzieję, że pociąg, po wyjeździe z Wrocławia, zdąża z powrotem w kierunku Krakowa. Banachiewicz zwrócił się wtedy z prośbą do siedzących przy oknie przedziału, by — skoro tylko zobaczą księżyc — podali mu jego położenie na niebie. Gdy chmury rozwiały się i otrzymał potrzebną informację, był w stanie, dzięki swej wiedzy astronomicznej, określić kierunek jazdy pociągu: niestety, był to północny zachód. Istotnie, wkrótce minęli Legnicę.

Wspomnienia te oraz relacja z życia w obozie w Sachsenchausen zdominowały, rzecz jasna, program pierwszego z wojennych zebrań, noszącego kolejny numer 102 (z dnia 1 marca 1940 r.). Na początku tego zebrania uczczono też chwilą ciszy pamięć jednego z niedawnych uczestników zebrań, śp. dr Antoniego Wilka, który zmarł z wycieńczenia wkrótce po swym zwolnieniu z obozu i po powrocie do Krakowa (14 II 1940 r.). Sam Banachiewicz przeżył obóz bez większego uszczerbku na zdrowiu, został „jedynie", wraz z grupą kilku innych, pobity 5 grudnia 1939 r. przez któregoś z „Niemców, któremu tego dnia" nie dopisywał humor.

Aresztowani profesorowie nie mieli obowiązku pracy, lecz ich udręką — prócz niepewności o dalszy los — były częste, wyczerpujące apele, dotkliwe zimno, choroby i, oczywiście, nieustanne złośliwości ze strony SS-manów. W „przemówieniu powitalnym" w obozie podoficer SS przypomniał aresztowanym parę osobliwych frazesów z przemówień Hitlera o tym, jak to „Polacy, którzy wywołali tę wojnę [!], śnili o marszu na Berlin; i oto znaleźli się wprawdzie pod Berlinem, ale w jakże innych warunkach od tych, o jakich marzyli".

W czasie apeli można też było czytać, wypisane na ścianie baraku czarnym gotykiem, następujące umoralniające slogany — osobliwy ekstrakt niemieckiej mentalności owych czasów:

„Istnieje droga prowadząca na wolność. Jej kamienie milowe nazywają się: posłuszeństwo, pilność, uczciwość, porządek, czystość, trzeźwość, prawdomówność, ofiarność i miłość ojczyzny".

Szczególnie to ostatnie zalecenie mogło się stojącym na apelu polskim uczonym wydawać dość zagadkowe. Można jedynie dodać, że tajemniczego *Obersturmbannführera* Brunona Müllera nigdy już po wojnie nie odnaleziono. Główny wykonawca *Sonderaktion Krakau*, a jednocześnie cenny świadek wydarzeń z 6 XI 1939, zaginął bez śladu.

Jesienią roku 1941 okupacyjne władze niemieckie oznajmiły Banachiewiczowi, że kierowana przezeń placówka, Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego, nazywać się będzie odtąd „Sternwarte Krakau", zaś jej oficjalnym szefem został niejaki docent Kurt Walter, zawodowy astronom z Poczdamu. Odbyło się wtedy najkrótsze chyba zebranie w całej ich długiej historii (nr 176). Oto protokół z tego zebrania *in extenso* (pisownia oryginalna):

Protokół z zebrania sprawozdawczego z dn. 22. XI. 1941 r.

Obecni: Prof. dr. T. Banachiewicz, Dr. K. Kordylewski, Mgr. K. Kozieł, Mgr. L. Stankiewiczówna, W. Jaśkowa, I. Pałkowa, W. Tęcza.

Zebranie zostało otwarte o godz. $12^h\ 45^m$ odczytaniem protokołu z poprzedniego zebrania. Następnie jako jedyny punkt programu zostało odczytane zawiadomienie dotyczące nazwy Instytutu, języka urzędowego i korespondencji z uczonymi poza granicami Generalnego Gubernatorstwa. Zawiadomienie to w dosłownym tłumaczeniu brzmi:

Okólnik

I. Nazwa Instytutu. Język urzędowy.

Nasz instytut nosi oficjalną nazwę „Sternwarte Krakau". Językiem urzędowym jest w nim niemiecki. Wszystkie publikacje Obserwatorium Krakowskiego będą wychodzić w języku niemieckim. Proszę wszystkie pisemne notatki wyrażać w przyszłości po niemiecku (n. p. prace pisemne, meteorologiczne i astronomiczne obserwacje, protokoły).

II. Korespondencja z uczonymi i placówkami naukowymi poza Gen. Gubernatorstwem.

Według instrukcji wyższej władzy służbowej bezpośrednia korespondencja należących do Instytutu z uczonymi poza Gen. Gubernatorstwem jest niedozwolona; korespondencja taka jest dopuszczalna tylko przez pośrednictwo niemieckiego kierownika Instytutu. Gdyby zaszła potrzeba wymiany listów z osobami albo placówkami poza Gen. Gubernatorstwem, należy się z tem zwrócić do podpisanego.

Kraków dn. 18. XI. 1941.

Pismo to, podpisane przez p. doc. dr. K. Waltera, k. kierownika Obserwatorium, pod słowami: przyjęto do wiadomości podpisali wszyscy obecni pracownicy Zakładu.

Zebranie zostało zamknięte ok. 13^h.

Trzeba obiektywnie zaznaczyć, że Walter traktował swych nowych — często znacznie od siebie starszych — polskich podwładnych w sposób poprawny, co, jak wiadomo, nie było wówczas regułą w podobnych układach. (Miał on wówczas dopiero 36 lat, Banachiewicz zaś — blisko 60). Do spraw tych powrócę jeszcze w dalszej części niniejszej relacji.

Drugie z wystąpień, pani dr Rozalii Szafraniec, nie było oficjalnie zaplanowane. W zamierzeniu dr Szafraniec miała to być tylko krótka uwaga uściślająca jedną z wypowiedzi mgr Jaśkowej. Niemniej, wszyscy zgodnie uznali, że szczegół ten jest nieznany młodszej części zebranych, a przy tym na tyle interesujący, że chcieliby usłyszeć coś więcej. W ten sposób wysłuchaliśmy dłuższego, bardzo ciekawego fragmentu osobistych wspomnień związanych m. in. ze stacją obserwacyjną na Lubomirze, zniszczoną i spaloną przez hitlerowców 15 września 1944 r. (przez specjalny oddział, tzw. *der Sonderdienst*).

Na koniec głos zabrał dr Jan Mietelski. Mówił w swym tak dobrze nam znanym stylu: zajmująco, dowcipnie, znakomicie podkreślając ważniejsze punkty wypowiedzi. Wprowadził nas w atmosferę powojennych już zebrań naukowych, które (do początku lat siedemdziesiątych) wciąż odbywały się w malowniczym budynku starego Obserwatorium przy ulicy Kopernika. W barwny sposób przedstawił sylwetkę profesora Banachiewicza i jego sposób bycia jako człowieka.

Dwie anegdoty z bogatej kolekcji dr Mietelskiego dobrze charakteryzują postać długoletniego dyrektora Obserwatorium Astronomicznego UJ.

Było to wkrótce po odzyskaniu przez Polskę niepodległości. Jedna z podwładnych Banachiewicza zwróciła się do profesora z prośbą o zezwolenie na zawarcie małżeństwa oraz umożliwienie zamieszkania ze swym wybranym w jakiejś małej klitce w budynku Obserwatorium. Sprawa nie była bynajmniej oczywista, jako że — zdaniem Banachiewicza — instytucja małżeństwa była z natury swej sprzeczna z powołaniem astronoma (zmarnowane noce obserwacyjne); co więcej, powoływał się on nawet na jakieś, dawno już nieaktualne, zarządzenie z czasów zaboru austriackiego, kiedy to istotnie szef mógł zawetować plany matrymonialne podwładnego, gdy tylko uznał je za kolidujące z wykonywaną przezeń pracą zawodową. Jednak w danym przypadku „okoliczność łagodzącą" stanowiło to, iż narzeczony był z wykształcenia matematykiem.

Banachiewicz swoim zwyczajem nie udzielił odpowiedzi od razu, lecz kazał przyjść po nią za kilka dni. W oznaczonym czasie, z całą powagą, wydał następujący werdykt: „Zgadzam się, by pani zamieszkała z tym człowiekiem przy Obserwatorium, lecz nie zgadzam się na ślub".

I drugi epizod. W listopadzie 1954 udał się pan — wówczas jeszcze magister — Mietelski do krakowskiej kliniki przy ulicy Grzegórzeckiej 23, aby odwiedzić poważnie już chorego profesora. Przy okazji zapytał go o cel pewnych uciążliwych rachunków numerycznych, które wówczas otrzymał do wykonania. Oto, co usłyszał w odpowiedzi:

— Proszę pana! Pańskim zadaniem jest je wykonać. Nadzór nad całością — należy do mnie. W swoim czasie się pan dowie.

Za kilka dni profesor już nie żył. Cel zadanych przezeń zawiłych obliczeń pozostał do dziś niejasny.

I jeszcze jedna anegdota, z innego źródła — niezła, choć za jej autentyczność nie dam głowy.

Był późny wieczór. Zamyślony profesor wracał przez krakowskie Planty do domu. W pewnej chwili potrącił go jakiś — równie zamyślony — nieznajomy przechodzień. Przeprosił i poszedł dalej. W chwilę później profesor odruchowo poszukał swego zegarka z dewizką i stwierdził jego brak. Zdenerwowany zawrócił za nieznajomym, dogonił go i krzyknął: — Ty łobuzie, oddaj zegarek! — Tamten posłusznie wyjął zegarek i wręczył go Banachiewiczowi. Profesor odetchnął z ulgą. Jakież jednak było jego zdumienie, gdy w domu żona oznajmiła mu: — Zapomniałeś dziś zabrać swego zegarka. Został na komodzie...

Wkrótce potem w jednej z krakowskich gazet ukazało się następujące ogłoszenie:

„Człowiek, któremu niedawno zabrano na Plantach zegarek, proszony jest o przyjście do Obserwatorium Astronomicznego."

Był więc bez wątpienia Banachiewicz osobowością nieprzeciętną, niezwykle silną. W chwili wejścia profesora do sali zebrań wszyscy, jak na komendę, wstawali — mimo że on właściwie wcale tego oficjalnie nie wymagał. (Żaden z jego następców nie wywoływał już takiego wrażenia.) Do swych podwładnych miał Banachiewicz stosunek opiekuńczy, ale surowy i władczy zarazem, słowem — patriarchalny, ojcowski.

Co jednak robić wówczas, gdy zdolne — i coraz bardziej świadome swoich praw — dzieci zaczynają niepostrzeżenie przewyższać swego ojca, zwłaszcza w czymś, co dotąd było jego wyłączną i pilnie strzeżoną domeną? Cóż, ten ostatni dostaje wtedy nieoczekiwanie przykrą lekcję pokory; z drugiej strony ma też jednak niezłą okazję, by się wykazać (albo i nie wykazać) wielkodusznością. Poniższy fragment, wyjęty z zebrania nr 87, stanowi wymowną ilustrację powyższych refleksji.

Zebranie naukowe dnia 2 grudnia 1938 r.

Obecni: Prof. T. Banachiewicz, Dr. A. Wilk, Dr. S. Piotrowski, Mgr. L. Stankiewiczówna, J. Piegza, S. Szczyrbak.

[...] Przeszedłszy do korespondencji p. Prof. omówił i częściowo odczytał pewne listy od [obecnej też na zebraniu] *p. Stankiewiczówny. Listy te zawierały: 1) krótki dowód twierdzenia Prof. Banachiewicza [...], 2) uwagi dotyczące tego dowodu, 3) pewne uwagi dotyczące wykładów p. Profesora Banachiewicza* [tu następuje kilka technicznych stwierdzeń o tzw. „krakowianach" — czyli głównym odkryciu Banachiewicza z dziedziny matematyki stosowanej; patrz też niżej].

Pan Profesor Banachiewicz skrytykował postępowanie panny Stankiewiczówny, podnosząc fakty, iż łatwo zajmować się tym, czym już ktoś inny się zajmuje; dalej, że twierdzenie, o którym wyżej mowa, straciło już całkowicie swoje znaczenie, że uwagi odnoszące się do jego dowodu są niesłuszne, gdyż metoda rozwiązywania równań przez rozkład tabeli na czynniki kanoniczne była ogłoszona wcześniej niż powstał dowód, w którym ten rozkład występuje, że wzory rekurencyjne do obliczania odwrotności nie są ogólne, stosują się tylko do tych tabel, do których zostały podane, że nie są to wzory explicite i, jako takie, są raczej rebusami niż wzorami, że wreszcie wzory te byłby Pan Profesor z pewnością, prędzej czy później, sam otrzymał. Panna Stankiewiczówna zwraca uwagę na każdy maleńki krok i bardzo drobne spostrzeżenia uznaje za własne. Sprawia to [profesorowi] *znaczną trudność przy pisaniu książki z teorii najmniejszych kwadratów. Pan Profesor musiałby często cytować p. Stankiewiczównę i zbyt wiele czasu musiałby poświęcać na zastanawianie się, co od niej pochodzi. Wobec tego taką współpracę uważa za niewskazaną i nie życzy sobie, aby to jeszcze nadal miało miejsce.*

W odpowiedzi na to p. Stankiewiczówna podkreśliła, iż pisząc o rozkładzie występującym w jej dowodzie nie miała wcale na myśli podawania się za autorkę metody rozkładu, że inne uwagi nasunęły jej się w czasie opracowywania wykładów, że nie uważa za rzecz oczywistą, iż p. Profesor też by do nich doszedł, gdyż wiele zależy od sposobu patrzenia na rzeczy, że wreszcie to, o czym była mowa na wykładzie, uważała za rzecz podaną do publicznej wiadomości i poniekąd zakończoną, którą już wszyscy mogą się zajmować.

W dyskusji, która się następnie wywiązała, zabrał głos p. dr. Piotrowski, wyrażając opinię że nie ma zwyczaju, aby z tego powodu, że ktoś zajmuje się jakąś kwestią, nikt inny

już się nią nie zajmował, że istnieje „Gedankenfreiheit" [wolność myśli] *w nauce, że on sam, z punktu widzenia czytelnika, uważa wzory podane przez p. Stankiewiczównę za pożyteczne, że zawsze podobało mu się cytowanie autorów nawet drobnych uwag i że w końcu pisanie rozpraw o krakowianach jest ułatwione dzięki temu, że mało jest dotąd w tej dziedzinie literatury i że wobec tego nie można się bardzo skarżyć na p. Stankiewiczównę. Obok tego zabrał także głos p. dr. Wilk.*

Pan Profesor Banachiewicz nie zmienił jednakże swego zdania, uważając, że jest dość problemów, którymi można się zajmować, i nie trzeba, by dwie osoby zajmowały się jednym i tym samym. [...]

Burzliwa — jak się możemy domyślać — dyskusja nie doprowadziła więc do uzgodnienia poglądów. Niemniej, był to wymowny przykład starcia się demokracji z absolutyzmem. Można jedynie dodać z satysfakcją: „Dzisiaj to już chyba raczej nie do pomyślenia!".

Dyskutujący nie podejrzewali wtedy jeszcze, że już za niespełna dwa lata jako pracownicy „Sternwarte Krakau" będą zmuszeni protokołować swe zebrania w obcym języku, zaś akademickie spory o domniemane pierwszeństwo w rozwoju teorii krakowianów nie będą już tak istotne. Być może świadomość posiadania nocnej przepustki da im jakieś poczucie nieco większej wolności aniżeli to, jakie los przyznał wówczas pozostałym mieszkańcom Krakowa i Generalnego Gubernatorstwa.

Dr Mietelski pokazał też kilka zupełnie nieznanych przezroczy, które przed laty otrzymał przypadkiem w Olsztynie od pana doc. Witolda Senissona, geodety, swego czasu również uczestnika krakowskich zebrań. Część tych przezroczy pochodziła z zebrania nr 286 z dnia 9 września 1949 (a więc na kilka tygodni przez tym, jak Banachiewicz oficjalnie zaprosił dr Mietelskiego, wówczas jeszcze studenta pierwszego roku astronomii, do uczestnictwa w tych zebraniach).

Wo ożywionej dyskusji, która się wywiązała, głos zabrał m. in. dr hab. Piotr Flin, nasz były pracownik, zatrudniony obecnie na etacie profesora w kieleckiej WSP. Przypomniał on pewien interesujący epizod związany ze wspomnianym powyżej Kurtem Walterem, narzuconym w r. 1941 przez okupanta nowym dyrektorem Obserwatorium. Kilka lat temu (obecnie już nieżyjący), zatrudniony wówczas na uniwersytecie w Tübingen profesor Walter, opublikował w jednym z angielskojęzycznych czasopism[2] dłuższy artykuł-wspomnienie, w którym opisał m. in. lata swego pobytu w okupowanym Krakowie. Ówczesne warunki pracy krakowskich astronomów przedstawił w swej relacji jako względnie korzystne.

Ten mało znany epizod z pewnością zasługuje na dłuższą dygresję[3]. Swój pobyt w Generalnym Gubernatorstwie i funkcję niemieckiego protektora obserwatoriów: krakowskiego, warszawskiego i lwowskiego przypisuje Walter właściwie głównie życzeniom warszawskich astronomów, którzy z początkiem 1941, będąc bez środków do życia, usilnie prosili go o pomoc w przetrwaniu „tych trudnych lat". Opisuje dalej Walter „piękno starego miasta Krakowa, stolicy GG", zamieszcza też zdjęcie niewielkiego teleskopu Zeissa, podarowanego przez jego macierzyste obserwatorium w Poczdamie astronomom warszawskim w celu fotometrii gwiazd zmiennych. Współpracę wojennych lat z „polskimi kolegami" określa Walter jako „dobrą i pełną zaufania". Słowem — wielkoduszna dobroczynność, pomimo trudnych, wojennych warunków. Takie przynajmniej wrażenie odniósłby nie zorientowany w ówczesnych realiach angielski czytelnik, do którego skierowane były wspomnienia Waltera.

Tekst ten, choć nie zawierający jawnych przekłamań, jednak wyraźnie tendencyjny, wywołał delikatny lecz zdecydowany protest mieszkającej w Szwajcarii córki śp. prof. Józefa Witkowskiego — dr Anny Marii Witkowskiej. Powołując się na klasyczną formułę prawniczą stwierdza ona, iż wartość każdego świadectwa tkwi w tym, by była to „prawda, cała prawda i tylko prawda". Wspomnienia Waltera nie spełniają *kompletu* tych warunków.

Sprzeciw dr Witkowskiej wzbudziło m. in. przedstawienie przez Waltera niesławnej pamięci dr Hansa Franka, rezydującego na Wawelu gubernatora generalnego GG, jako „zainteresowanego astronomią i rozwojem tej nauki w Polsce". Dalekowzroczny Frank planował też podobno budowę nowego, wielkiego obserwatorium astronomicznego, rzecz jasna — już po zwycięskim zakończeniu wojny przez Niemcy. Wiadomy rozwój wypadków pokrzyżował mu te (i rozmaite inne, niekoniecznie naukowe) plany. Snując swe wspomnienia pomija jednak Walter całkowitym milczeniem fakt, iż ów «miłośnik astronomii» przeszedł do historii jako zbrodniarz wojenny, sądzony później i skazany na śmierć przez Międzynarodowy Trybunał Wojskowy w Norymberdze. W trakcie procesu zeznał Frank, jakoby nie wiedział nic o aresztowaniu profesorów Uniwersytetu; przypisał sobie natomiast zasługę ich uwolnienia. (Jest faktem, że za aresztowanymi wstawiał się „Duce" Mussolini.) Na zarzut prowadzącego śledztwo, że coś zgoła przeciwnego zapisał Frank w swym własnym *Dzienniku* („...powinni być odesłani do Polski celem likwidacji") tłumaczył on, iż był to tylko wybieg wobec otaczających go „śmiertelnych wrogów, którzy donosili führerowi i Himmlerowi o każdym jego słowie"[4].

Sprostowania domagał się także użyty przez Waltera osobliwy eufemizm „bitwa o Warszawę", w czasie której zniszczeniu uległo m. in. warszawskie Obserwatorium Astronomiczne. Rzekoma „bitwa" to raczej systematyczne niszczenie miasta i wysiedlanie jego ludności po upadku powstania warszawskiego — na osobisty rozkaz samego Hitlera. Pisząc o personelu naukowym w Krakowie „zapomniał" Walter dodać, iż jeden z najbardziej znanych polskich astronomów, odkrywca trzech komet, adiunkt Obserwatorium, dr Antoni Wilk, zmarł — jak już wspomniałem — na skutek skrajnego wyczerpania, wkrótce po swym powrocie z obozu w Sachsenchausen.

Opisuje też Walter swoje wielkie zdumienie, kiedy to zastał w Krakowie dyrektora obserwatorium poznańskiego,

[2] *Astronomy in Poland during the Second World War Memories of a participating astronomer*, Journal of the British Astronomical Association (**97**, p. 270, 1987); por. też polemikę córki prof. J. Witkowskiego, dr A. M. Witkowskiej, i replikę K. Waltera w następnym tomie JBAA (**98**, p. 273, 1988).

[3] Za udstępnienie kompletu materiałów dotyczących tej polemiki dziękuję dr J. Mietelskiemu.

[4] Por. stenogram przesłuchania Hansa Franka 18 IV 1946 przez T. J. Dodda, szefa zespołu oskarżycieli z USA.

prof. J. Witkowskiego, który miał opuścić Poznań ze względu na rzekome „trudności osobiste". Tymczasem owe „trudności osobiste" to w istocie fakt aresztowania profesora przez Gestapo, zwolnienie go wskutek odważnej interwencji jego asystenta (Niemca) oraz ucieczka do Krakowa w obawie przed powtórnym aresztowaniem i rozstrzelaniem — co spotkało wielu innych polskich uczonych z Poznania.

Nie jest też tajemnicą, iż przyjęcie przez Waltera stanowiska protektora astronomii w Generalnel Guberni było podyktowane nie tyle chęcią zadośćuczynienia „usilnym prośbom polskich kolegów", co — naturalną wtedy u wszystkich Niemców — obawą przed wysłaniem na front wschodni. Zresztą i tak przyszło Walterowi (od III 1943 do II 1944) służyć w Wehrmacht'cie, co prawda nie na Wschodzie, lecz „tylko" w Grecji.

W dalszym ciągu zebrania prof. dr hab. Jerzy Machalski wyraził opinię, iż najlepszym oddaniem atmosfery tamtych lat byłoby odczytanie pełnego tekstu pierwszego z zachowanych protokołów — z zebrania nr 36 z dnia 4 września roku 1936 , co też zostało uczynione.

Szczególnie wymowny był też inny odczytany przez dr. Mietelskiego fragment, pochodzący z jednego z powojennych już protokołów, a dotyczący głównego odkrycia prof. Banachiewicza, czyli tzw. rachunku krakowianowego.

Nie ulega dziś wątpliwości, że rola, jaką uporczywie przypisywał krakowianom sam ich odkrywca — zwłaszcza rzekoma ich rola w matematyce czystej — była, delikatnie mówiąc, znacznie przesadzona. (Krakowiany, pewne tablice liczbowe, z uwagi na brak łączności mnożenia, nie tworzą żadnej interesującej struktury algebraicznej.)

Jednak, niezależnie od tej zasadniczej wady krakowianów[5], ich znaczenie przy praktycznych obliczeniach w astronomii i geodezji — zwłaszcza w epoce przed upowszechnieniem się komputerów — było (i wciąż jeszcze jest) znaczące[6]. Znany ten fakt, w ironicznym i pretendującym do zabawnego paszkwilu[7], usiłowano niedawno podważyć na łamach „Postępów Astronomii". Wytaczając rozmaite osobliwe argumenty i analogie historyczne autor tego tekstu zapomniał jednak, że rachunek krakowianowy można bez trudu „zniszczyć" tym jednym — i tylko jednym — krótkim stwierdzeniem: brak łączności mnożenia krakowianów sprawia, że nie tworzą one nawet półgrupy (w sensie struktur algebraicznych).

Taki — nader ograniczony i nonszalancki — punkt widzenia wynika zapewne z osobliwego przeświadczenia, jakoby wszechobecne teraz komputery, wraz ze specjalistycznymi bibliotekami numerycznymi, istniały i były dostępne zawsze. Trzeba jednak wiedzieć, że znaczna — i bardzo uciążliwa — część pracy dawnych astronomów polegała na „ręcznym" mnożeniu i sumowaniu dużych liczb oraz na nieustannym sprawdzaniu poprawności tych rachunków. Młodemu pokoleniu współczesnych „klikaczy ikonkowych" może się to wydać śmieszne, lecz dzięki takiej właśnie (niewątpliwie mało intelektualnej) pracy dokonano szeregu znaczących odkryć astronomicznych.

Rachunek krakowianowy radykalnie ułatwiał takie żmudne operacje i dlatego był stosowany w wielu obserwatoriach na świecie, o czym świadczą wyniki oficjalnej ankiety[7] przeprowadzonej w latach trzydziestych. Dziś również mało kto już pamięta, że angielskie słowo *calculator* oznaczało niegdyś etatowego rachmistrza — kogoś wykonującego rutynowe, niekoniecznie nawet zrozumiałe dlań, obliczenia numeryczne.

Myślę więc, że — zamiast jałowej polemiki z przeciwnikami krakowianów — dostatecznie wymowny, a jednocześnie sam w sobie bardzo interesujący będzie wspomniany już wcześniej fragment, pochodzący z zebrania nr 287 (16 IX 1949) i odczytany na koniec tysięcznego zebrania naukowego w krakowskim Obserwatorium:

W interview „Dziennika Polskiego" z prof. Arendem [współpracującym z Banachiewiczem astronomem belgijskim] *został skreślony ustęp dotyczący stosowania krakowianów. Otóż w Instytucie Matematyki Stosowanej w Darmstadt w czasie wojny obliczano drogę pocisku V-2. Rozwiązywano początkowo 20 równań symetrycznych o 20 niewiadomych algorytmem Gaussa, w ostatnim dopiero roku dowiedziano się o nowym* [tj. krakowianowym] *algorytmie i przekonano się o jego doniosłości. Wcześniejsza znajomość tego algorytmu na pewno przysporzyłaby Anglii więcej strat.*

Kiedy zdawało się, że to już koniec zebrania, wówczas okazało się, że na każdego czeka jeszcze jedna niespodzianka w postaci szczególnie licznych... „gwiazdek z nieba"! Owe gwiazdki ufundował dr Adam Michalec. Były to — rzeczywiście niebieskie — nader estetyczne wyroby artystyczne ze szkła.

Zaaferowani goście rozchodzili się już, gdy ktoś zapytał jeszcze przekornie: — A czemuż to te niebieskie gwiazdki są akurat sześcioramienne? — Lepsze takie niż pięcioramienne i czerwone — padła czyjaś lapidarna odpowiedź.

Krzysztof Maślanka
Obserwatorium Astronomiczne UJ

Pani mgr Helenie Jaśkowej i Panu dr. Janowi Mietelskiemu dziękuję za krytyczne przejrzenie tekstu i szereg poprawek.

[5] Sam Banachiewicz, oczywiście, dobrze zdawał sobie sprawę z tego wrodzonego i nieusuwalnego kalectwa swego odkrycia, lecz – jako astronom i rachmistrz – uparcie zdawał się go nie dostrzegać; zapewne uważał, że z nadwyżką rekompensują tę wadę niewątpliwe praktyczne zalety krakowianów. Wymowna jest uwaga jednego z uczestników krakowskich zebrań, znanego matematyka, prof. Franciszka Lei, który w dyskusji po referacie Banachiewicza zaproponował mu wydzielenie takiej klasy krakowianów, które spełniałyby jednak, tak pożądany w algebrze, warunek łączności. O ile wiem, Banachiewicz nigdy nie skorzystał z tej głębokiej sugestii; nie jestem nawet pewien, czy ją w ogóle właściwie zrozumiał, skoro w protokołowanym tekście dyskusji własnoręcznie przekreślił słowo „łączność" i napisał nad nim „przemienność" (!).

[6] Na temat metody Cholesky'ego-Banachiewicza rozwiązywania układów równań liniowych por. w: M. Dryja, J. M. Jankowscy, *Przegląd metod i algorytmów numerycznych*, WNT, W-wa 1982, s. 50.

[7] Andrzej J. Maciejewski, *CK macierze, toruniany czy jakoś tak*, Postępy Astronomii, 1995, vol. 2

[7] K. Šteins, Acta Astronomica, 1936, vol. 3.

Konferencja Międzynarodowej Unii Astronomicznej w Poznaniu

W dniach od 1 do 5 lipca 1996 roku odbyło się w Poznaniu 165 Kolokwium Międzynarodowej Unii Astronomicznej pod tytułem: Dynamika i Astrometria Naturalnych i Sztucznych Ciał Niebieskich.

Było to już drugie, po trzyletniej przerwie, międzynarodowe spotkanie w Poznaniu na ten sam temat. Podobnie jak poprzednio, również obecna konferencja organizowana była we współpracy z Observatorium de la Côte d'Azur z Grasse, Francja. Równolegle, w dniach od 4 do 6 lipca, również w Poznaniu, odbyło się drugie spotkanie robocze pomiędzy Stanami Zjednoczonymi a Rosją na temat nadzoru nad przestrzenią kosmiczną.

Międzynarodowemu Komitetowi Naukowemu Kolokwium przewodniczyli: Krystyna Kurzyńska, kierownik poznańskiego Obserwatorium i François Barlier, dyrektor Obserwatorium w Grasse. Autorka artykułu była odpowiedzialna za lokalny komitet organizacyjny obu konferencji.

Do Poznania przyjechało ponad 180 uczestników z 28 krajów świata. Najliczniej reprezentowane była Rosja, Polska, Francja, Stany Zjednoczone i Hiszpania, ale nie brakowało również uczestników z Ameryki Południowej (Brazylia, Argentyna, Chile) czy też Japonii i Chin, reprezentowany był także Egipt i Indie. W obradach uczestniczył przewodniczący wydziału I (*Astronomia Fundamentalna*) Międzynarodowej Unii Astronomicznej, zrzeszającego komisje nr 4, 8, 19, 24, 31 i 51 — Jean Kovalevsky. Obecni byli również: Sylvio Ferraz-Mello, przewodniczący Komisji nr 7 — *Mechanika Nieba*, Thomas Corbin, przewodniczący Komisji nr 8 — *Astrometria Pozycyjna*, Jan Vondrák, przewodniczący Komisji nr 19 — *Rotacja Ziemi*, Donald K. Yeomans, przewodniczący Komisji nr 20 — *Pozycje i Ruch Małych Planet, Komet i Satelitów*, oraz Toshio Fukushima, wiceprzewodniczący Komisji nr 31 — *Czas*.

Konferencję rozpoczęła miła uroczystość wręczenia świadectwa o nadaniu planetoidzie nr 5889 imienia *Mickiewicz*. Specjalny dyplom przekazał Krystynie Kurzyńskiej odkrywca planetki, znakomity obserwator a zarazem znawca i wielki miłośnik poezji Adama Mickiewicza — Nikolaj Chernykh z Obserwatorium Astrofizycznego na Krymie.

Obrady konferencji podzielone zostały na 6 sesji: Dynamika Układu Słonecznego, Ruch obrotowy ciał Układu Słonecznego, Dynamika i problemy obserwacyjne sztucznych satelitów i śmieci kosmicznych, Układy odniesienia i stale astronomiczne oraz Nowe techniki obserwacyjne, katalogi i astrometria. Jednocześnie odbyły się trzy sesje plakatowe. Łącznie zaprezentowano 179 prac: 75 referatów wygłoszonych i 104 plakaty.

Prezentowane prace dotyczyły szerokiego wachlarza zagadnień astrometrycznych i dynamicznych. Zagadnienia do niedawna uznawane za niewykonalne, jak np. tworzenie katalogów milionów gwiazd z mikrosekundową dokładnością pozycji, czy jednoczesne śledzenie ruchu wielu tysięcy obiektów z przewidywaniem ich ewentualnych kolizji i ich skutków, obecnie są w trakcie realizacji dzięki rozwojowi technik kosmicznych, obserwacyjnych technik naziemnych i techniki komputerowej. Astrometryczne obserwacje z kosmosu wraz z obserwacjami naziemnymi pozwalają na tworzenie układów odniesienia z dokładnością milisekundową. Technika CCD stała się standardową techniką obserwacyjną w astrometrii.

Obecnie w naszej dyspozycji znajdują się wysokiej jakości długie ciągi danych obserwacyjnych zarówno naturalnych, jak i sztucznych obiektów. Umożliwia to nie tylko liczenie efemeryd komet i małych planet z dokładnością dochodzącą nawet do 10-20 km, ale również pozwala analizować tak małe efekty, jak chwilowe zmiany rozkładu mas oceanów, atmosfery i skorupy ziemskiej.

Szeroko dyskutowany był problem ruchu obrotowego ciał Układu Słonecznego. Numeryczne i analityczne prace z tego zakresu pozwalają nie tylko lepiej zrozumieć procesy ewolucyjne, ale również wydobyć wiedzę o wewnętrznej strukturze ciał.

Zwrócono również uwagę na zachowanie porządku w najbliższym otoczeniu Ziemi, jak i w całym Kosmosie. Obecnie wokół Ziemi krąży ponad 3000 ton różnej wielkości obiektów, pozostałości po nieczynnych już satelitach. Około 8000 z nich jest skatalogowanych, a ich ruch i przewidywanie ewentualnych kolizji badają wieloprocesorowe komputery.

Znalazł się również czas na rozrywkę. Niezapomnianym przeżyciem był koncert chóru „Poznańskie Słowiki" pod dyrekcją Stefana Stuligrosza. Uczestnicy miło też wspominali powitalne przyjęcie i wieczór w parku Obserwatorium Astronomicznego — przy ognisku, kiełbaskach i piwie.

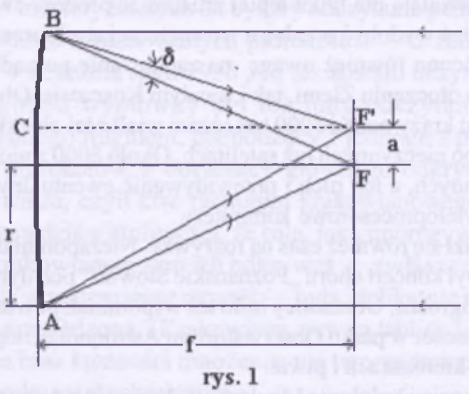
Sympozja i kolokwia Międzynarodowej Unii Astronomicznej mają najwyższą rangę konferencji astronomicznych. Zaledwie kilka takich konferencji odbywa się rocznie na całym świecie. Organizacja 165 Kolokwium Unii Astronomicznej w Poznaniu była możliwa dzięki sponsorom: Międzynarodowej Unii Astronomicznej, Polskiemu Komitetowi Badań Naukowych, Uniwersytetowi im. A. Mickiewicza, Komitetowi Astronomii Polskiej Akademii Nauk, Francuskiemu Ministerstwu Spraw Zagranicznych, Ambasadzie Francuskiej w Warszawie, Obserwatorium de la Côte d'Azur w Grasse, Polskim Liniom Lotniczym LOT i Poznańskim Browarom „Lech". Jesteśmy im wdzięczni za poparcie finansowe, które umożliwiło organizację konferencji, publikację materiałów pokonferencyjnych i udzielenie pomocy uczestnikom.

Iwona Wytrzyszczak

Referat wygłasza Steven Ostro, przewodniczy sesji (w środku) — Jean Kovalevsky, zadaje pytanie — Tomasz Kwiatkowski

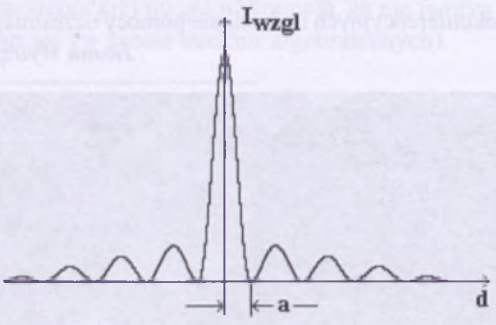
DLACZEGO BUDUJEMY TAK DUŻE TELESKOPY ?

Pierwszy powód jest nieomal oczywisty. Chcąc obserwować coraz dalsze, a wiec coraz słabsze obiekty musimy zbierać w ognisku teleskopu energię z coraz większej powierzchni zwierciadła. Jest też powód drugi. Zanim o nim powiemy, spróbujmy przeprowadzić nieco uproszczony rachunek. Rozpatrzmy zwierciadło (sferyczne lub paraboliczne) ogniskujące wiązkę



rys. 1

równoległą w punkcie F — ognisku (rys. 1). Jak wiadomo, dzięki zjawisku dyfrakcji ogniskowanie wystąpi nie tylko w punkcie F i w rezultacie otrzymamy w płaszczyźnie ogniskowej pewien układ nakładających się plamek dyfrakcyjnych. Wypadkowy układ plamek (oświetleń) powinien mieć symetrię obrotową (dyfrakcja na otworze kołowym). Jak wiadomo, otrzymujemy w płaszczyźnie ogniskowej tzw. krążek Airy'ego. Rozkład natężenia oświetlenia w jego przekroju



rys. 2

głównym przedstawia rys. 2. Ścisłe, a jednocześnie elementarne wyprowadzenie funkcji rozkładu (wzoru Airy'ego) jest prawdopodobnie niemożliwe. Na ogół wyprowadza się go na podstawie funkcji Bessela pierwszego rodzaju J_1. Jak już zaznaczyliśmy, nasz rachunek będzie przybliżony, jednak fakt, że końcowy wynik różni się od ścisłego o czynnik rzędu 2, nie ma w tym wypadku istotnego znaczenia.

Niech środek pierwszego ciemnego pierścienia znajduje się w odległości a = FF′ spełniającej warunek:

$$AF' - BF' = l/2 . \qquad (1)$$

Dla trójkątów BF′C i AF′C możemy napisać:

$$(AF')^2 = (AC)^2 + (CF')^2 = (r + a)^2 + f^2$$

$$(BF')^2 = (BC)^2 + (CF')^2 = (r - a)^2 + f^2$$

co po odjęciu stronami daje:

$$(AF')^2 - (BF')^2 = (r + a)^2 - (r - a)^2$$

skąd

$$(AF' - BF')(AF' + BF') = 4ar$$

Dla a << r oraz r << f (a zwykle tak jest) można przyjąć AF′ + BF′ ≅ 2f. Wówczas

$$AF' - BF' \cong 2ar/f = aD/f$$

Wracając teraz do warunku (1) otrzymujemy:

$$aD/f = l/2$$

skąd

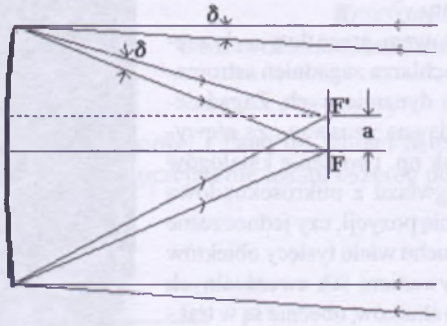
$$a \cong 0.5\, l\, f/D$$

Nas interesuje raczej promień kątowy plamki dyfrakcyjnej (widziany z odległości ogniskowej przyrządu)

$$\delta[\mathrm{rad}] = a/f = 0.5\, \lambda/D. \qquad (2)$$

Dodajmy, że ścisłe wyprowadzenie daje

$$\delta[\mathrm{rad}] = 1.22\, \lambda/D \qquad (2a)$$



rys. 3

Wyobraźmy sobie teraz, że w odległości kątowej δ od naszej gwiazdy znajduje się druga (rys. 3). W tej sytuacji środek jej krążka Airy´ego pokrywa się z pierwszym minimum dyfrakcyjnym krążka wytworzonego przez pierwszą gwiazdę. Jak uczy doświadczenie, jest to graniczny przypadek rozróżnialności obrazów obu gwiazd (kryterium Rayleigha).

Uzyskaliśmy bardzo ważny wynik (2). Zdolność rozdzielcza teleskopu zależy zarówno od długości fali odbieranego promieniowania, jak i średnicy teleskopu. Przy ustalonej długości fali jest tym lepsza, im większa jest średnica źrenicy wejściowej przyrządu.

Dla teleskopów pracujących w zakresie widzialnym przyjmuje się często $\lambda = 5.5 \cdot 10^{-5}$ cm (maksimum czułości oka) i wyraża kąt w sekundach łuku (1 rad = 206 265″) otrzymując na podstawie (2a)

$$\delta = 14''/D \text{ [cm]}.$$

Ta właśnie postać wzoru spotykana jest najczęściej w podręcznikach.

Problem. *W Obserwatorium Astronomicznym w Piwnicach pod Toruniem znajdują się teleskop Schmidta-Cassegraina o średnicy zwierciadła 90 cm oraz radioteleskop o średnicy czaszy 32 m (oba największe w Polsce). Który z nich ma większą zdolność rozdzielczą (mniejszy kąt δ)? Przyjmijmy, że radioteleskop pracuje na częstotliwości 100 GHz (największa osiągalna dla tego przyrządu).*

Na zakończenie zauważmy, że osiągnięcie teoretycznej zdolności rozdzielczej jest w warunkach ziemskich niemożliwe. Co gorsze, zniekształcenia obrazu wywołane turbulencją atmosfery są znacznie większe od rozmycia dyfrakcyjnego. Stąd dążność do wyniesienia przyrządu ponad atmosferę (teleskop Hubble´a) lub przynajmniej ustawienia go w miejscu charakteryzującym się niewielką turbulencją (i jednocześnie dużą statystycznie liczbą pogodnych nocy).

Juliusz Domański

XLI OLIMPIADA ASTRONOMICZNA
— 1997/1998 —

INFORMACJE REGULAMINOWE

1. Olimpiada Astronomiczna jest organizowana dla uczniów szkół średnich.

2..Zawody olimpiady są trójstopniowe. W zawodach I stopnia (szkolnych) każdy uczestnik rozwiązuje dwie serie zadań, w tym zadanie obserwacyjne. Rozwiązywanie zadań zawodów II stopnia i III stopnia odbywa się w warunkach kontrolowanej samodzielności.

3. W pierwszej serii zadań zawodów I stopnia należy nadesłać, do **13 października 1997 r.**, rozwiązania 3 zadań, dowolnie wybranych przez uczestnika spośród zestawu zawierającego 4 zadania.

4. Rozwiązanie zadania obserwacyjnego należy przesłać wraz z rozwiązaniami zadań drugiej serii I etapu, do **17 listopada br.** Decyduje data stempla pocztowego. Nadesłanie rozwiązania zadania obserwacyjnego jest warunkiem koniecznym dalszego udziału w olimpiadzie.

5. W przypadku nadesłania rozwiązań większej liczby zadań z danego zestawu, do klasyfikacji zaliczane będą rozwiązania ocenione najwyżej (po trzy zadania z każdej serii i jedno zadanie obserwacyjne).

6. Rozwiązania zadań zawodów I stopnia należy przesłać za pośrednictwem szkoły pod adresem: KOMITET GŁÓWNY OLIMPIADY ASTRONOMICZNEJ, Planetarium Śląskie, 41-500 Chorzów, skr. poczt. 10, w terminach podanych w p. 3 i 4.

7. Rozwiązania zadań powinny być krótkie i zwięzłe, ale z wystarczającym uzasadnieniem. W przypadku polecenia samodzielnego wyszukania danych, należy podać ich źródło. Jako dane traktuje się również podręcznikowe stałe astronomiczne i fizyczne.

8. Rozwiązanie każdego zadania należy napisać na oddzielnym arkuszu papieru formatu A-4. Każdy arkusz oraz wszelkie załączniki (mapki, wykresy, tabele itp.) należy podpisać imieniem i nazwiskiem. W nagłówku zadania o najniższej numeracji należy umieścić dodatkowo: rok i miejsce urodzenia, pełną nazwę szkoły, jej adres, klasę i jej profil oraz adres prywatny (z kodami pocztowymi).

9. O uprawnieniach laureatów i finalistów olimpiady decydują senaty wyższych uczelni. Wśród nagród dla najlepszych znajdują się teleskopy.

* * *

ZALECANA LITERATURA: obowiązujące w szkołach średnich podręczniki do przedmiotów ścisłych; H. Chrupała, M.T. Szczepański *25 lat olimpiad astronomicznych*; *Zadania olimpiad astronomicznych XXVI — XXXV (w dwóch częściach)*; J.M. Kreiner *Astronomia z astrofizyką*; J. Mietelski *Astronomia w geografii*; E. Rybka *Astronomia ogólna*; David H. Levy *NIEBO — Poradnik użytkownika*; D.L. Mochè *Astronomia - przewodnik po Wszechświecie*; *Słownik szkolny — Astronomia* — praca zbiorowa; *atlas nieba*; *obrotowa mapa nieba*; czasopisma: *Urania*, *Postępy Astronomii*, *Wiedza i Życie*, *Świat Nauki*, *Delta*, *Fizyka w Szkole*.

XLI OLIMPIADA ASTRONOMICZNA

Pierwsza seria zadań

1. Na lato bieżącego roku przewidziano lądowanie sond kosmicznych na Marsie. Wyniki badań będą przesyłane na Ziemię drogą radiową przez kilka lat. Zakładając, że orbity Ziemi i Marsa są kołowe i współpłaszczyznowe, wyznacz minimalny przedział częstotliwości odbiornika rejestrującego w tym czasie na Ziemi sygnał, emitowany z częstotliwością ν przez nadajnik na Marsie. W obliczeniach przyjmij częstotliwość ν = 12 GHz oraz wartości umieszczone w tabelce:

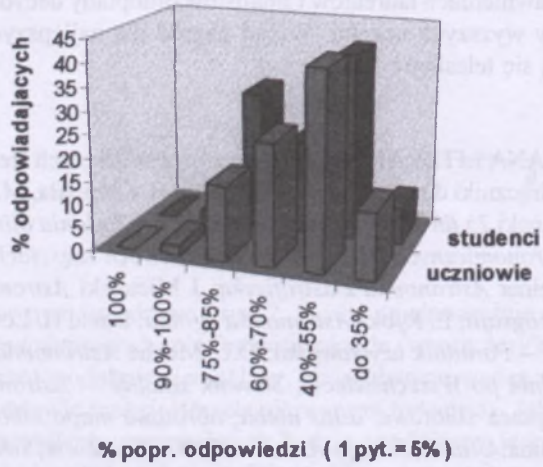
	R_{orbity} [10^6 km]	$R_{planety}$ [km]	T_{obiegu} [doby]	T_{obrotu} [godz.]
Ziemia	149.6	6378	365.26	23,9
Mars	227.9	3393	686.98	24,6

2. Grupa 10 obserwatorów dysponująca identycznymi lunetami podjęła równoczesną obserwacją z zamiarem odnalezienia komety o nieznanym położeniu, a będącej w zasięgu ich instrumentów. Każdy z nich dokonał obserwacji jednego, losowo wybranego fragmentu nieba mieszczącego się w polu widzenia lunety. Oblicz prawdopodobieństwo odnalezienia komety wiedząc, że gwiazda o deklinacji $\delta = -6°$ przechodzi przez średnicę pola widzenia lunety w czasie t = 7 minut.

3. Które z gwiazd jaśniejszych od 4m mogłyby być obecnie obserwowane podczas zaćmień Słońca blisko brzegu tarczy słonecznej? Czy liczba takich gwiazd może ulec zmianie w przeciągu kilkudziesięciu tysięcy lat?

Errata

W artykule Krzysztofa Cilulko „Stan wiedzy astronomicznej absolwentów szkół podstawowych" zamieszczonym w PA 4/96 przedstawiliśmy, z inicjatywy Redakcji, na str. 187 analizę graficzną otrzymanych wyników. Niestety była to błędna prezentacja. Przepraszamy. Poprawną analizę obrazującą wyniki Autora zamieszczamy poniżej. (Red.)



4. Napisz krótki artykuł popularno-naukowy na temat „Podobieństwa i różnice między planetoidami a kometami". Do artykułu, którego objętość nie może przekroczyć 2 stron (3600 znaków) należy dołączyć spis wykorzystanej literatury.

Zadania obserwacyjne

1. Tabelka podaje momenty zakryć obiektów przez Księżyc dla Warszawy. Zakrycia mogą być obserwowane również w innych miejscowościach, oczywiście w innym czasie. Dokonaj próby zaobserwowania przynajmniej jednego z tych zakryć. Niezależnie, czy zakrycie nastąpi, czy też nie, do opisu obserwacji dołącz mapkę przebiegu zjawiska. Przedyskutuj zgodność między przewidywanym a zaobserwowanym przebiegiem zjawiska.

data	moment zakrycia *h m*	jasność obiektu *m*
21.09.1997	20 54,3	5,5
21.09.1997	20 02,2	3,6 υ *Tau*
16.10.1997	22 18,1	4,5
9.11.1997	18 16,0	3,8 λ Aqr
12.11.1997	01 35,3	0,7 Saturn

2. W tabelce podano przybliżone efemerydy planetoidy (4) Vesta. Przeprowadź obserwację tej planetoidy i przedyskutuj zgodność między efemerydą, a wynikami swoich obserwacji. Do rozwiązania dołącz samodzielnie wykonaną mapkę zaobserwowanych pozycji planetoidy.

data	rektascensja *h m*	deklinacja °	jasność *m*
10.09.1997	02 11	+1,8	7,0
25.09.1997	02 05	+0,5	6,7
10.10.1997	01 52	–1,0	6,4
25.10.1997	01 38	–2,2	6,4
10.11.1997	01 25	–2,7	6,8

3. Jako rozwiązanie zadania obserwacyjnego można również nadesłać opracowane wyniki innych własnych obserwacji astronomicznych prowadzonych w latach 1996, 1997, a w szczególności obserwacji zaćmienia Księżyca 16.09.1997 r.

Rozwiązanie zadania obserwacyjnego powinno zawierać: dane dotyczące przyrządów użytych do obserwacji i pomiarów, opis metody i programu obserwacji, standardowe dane dotyczące przeprowadzonej obserwacji (m.in. datę, czas, współrzędne geograficzne, warunki atmosferyczne), wyniki obserwacji i ich opracowanie oraz ocenę dokładności uzyskanych rezultatów. W przypadku zastosowania metody fotograficznej należy dołączyć negatyw. Rozwiązanie jednego zadania obserwacyjnego należy nadesłać wraz z rozwiązaniami drugiej serii zadań zawodów I stopnia — do dnia 17 listopada 1997r.

XIII Ogólnopolskie Młodzieżowe Seminarium Astronomiczne, Grudziądz, 19-22 marca 1997

W ubiegłym roku ciemne chmury zawisły nad grudziądzkim seminarium i wydawało się, że trzynaste (feralne?) może się nie odbyć. Szczęśliwie jednak Fundacja Astronomii Polskiej oraz Polskie Towarzystwo Astronomiczne wysupłały trochę grosza i uratowały tę wartościową imprezę.

Wiele trafnych spostrzeżeń i uwag napisała dr Magdalena Sroczyńska-Kożuchowska po poprzednim seminarium (PA 2/96). Moje wrażenia są bardzo podobne. Pozostaję pod urokiem tego zjazdu zainteresowanych astronomią uczniów, którzy przez cztery dni słuchają referatów, dyskutują i wymieniają doświadczenia. Właśnie spotkanie koleżanek i kolegów o podobnych zainteresowaniach, podpatrzenie pomysłowych sposobów prezentacji prac oraz nauczenie się zwięzłego, jasnego przedstawiania myśli, są dla uczestników najważniejszymi korzyściami z seminarium.

Prezentacje są oceniane przez jury złożone z astronomów rekomendowanych przez Polskie Towarzystwo Astronomiczne, Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii oraz Polskie Towarzystwo Astronautyczne, któremu przewodniczy dr Kazimierz Schilling z Olsztyna. W tym roku znalazłam się w tym gronie 7 „sprawiedliwych". Wbrew pozorom praca jurora jest trudna. W jednej skali ocenić należy prace bardzo różne: wykonanie teleskopu, obserwacje astronomiczne, programy komputerowe lub wypracowanie na zadany temat. Jurorzy spędzają wiele godzin na dyskusjach zmierzających do sprawiedliwego oceniania poszczególnych referatów. Często reagują natychmiast po prezentacji, na gorąco, wygłaszając *ad hoc* miniwykłady. Jestem przekonana że suma subiektywnych ocen poszczególnych jurorów daje jednak ocenę w miarę obiektywną.

Młodzież ceni sobie dyskusje z astronomami po referatach i w kuluarach oraz możliwość zadania pytań i wyjaśnienia wątpliwości. Szczególnie młodzież z małych miejscowości, gdzie w bibliotekach nie ma książek astronomicznych, a nauczyciele astronomią nie zawsze się interesują i pomóc na ogół nie potrafią. Ale i od siebie wzajemnie młodzi ludzie też wiele się uczą. Nie ze wszystkim mają ochotę zwrócić się do astronomów i wolą porozmawiać w gronie kolegów o podobnych zainteresowaniach.

Swoja pracę „Zaćmienia Słońca i Księżyca" przedstawia najmłodzy uczestnik Seminarium Marek Wysocki ze Szczecina (fot. Gerard Szukay).

W XIII OMSA wzięli udział przedstawiciele 24 województw oraz Grudziądza. W czasie czterech sesji wygłosili oni 42 referaty. Tematyka prac była różnorodna — opisy własnych obserwacji lub zbudowanych własnoręcznie instrumentów, programy komputerowe oraz wypracowania na dowolny astronomiczny lub astronautyczny temat. Obserwacje zdominowane były przez obserwacje komet: Hyakutake i Hale'a-Boppa oraz częściowego zaćmienia Słońca 12 października 1996 roku. Obserwacje udokumentowane były pięknymi zdjęciami, a ich prezentacja była niekiedy bardzo pomysłowa. Trzeba przyznać, że młodzież dokłada wielu starań, aby zilustrować swoje referaty. Wykonuje piękne plansze, wykorzystuje przeźrocza, zdjęcia z Internetu, a nawet podkład muzyczny. Wielu nauczycieli oraz popularyzatorów wiedzy może niekiedy zobaczyć w czasie seminarium realizację ciekawego pomysłu prezentacji i ilustracji wybranych zagadnień astronomicznych.

Widoczna część jury Seminarium — dr K. Schilling, prof. R. Głębocki, prof. A. Woszczyk i dr J. Biała. Ponadto prace uczestników oceniali dr H. Brancewicz, dr hab. A. Strobel i prof. K. Rudnicki (fot. G. Szukay).

Jury Seminarium przyznało 12 uczniom nagrody za miejsca od pierwszego do dziesiątego (po 2 miejsca drugie i trzecie), a pozostali uczestnicy dostali upominki. Pierwsze miejsce zajął Radosław Smolec z Grudziądza autor pracy „Moje obserwacje Jowisza". W tym roku przyznano też nagrodę specjalną za referat wygłoszony piękną polszczyzną. Otrzymała ją Marta Krawiec ze Skierniewic prezentująca pracę „Katastrofy kosmiczne". Choć seminarium jest astronomiczne, to w czasach, gdy wielu ludzi nawet w mediach posługuje się niekiedy żargonem, należy wyróżnić uczennicę, która nie tylko zadbała o poprawność merytoryczną referatu, ale także jego poprawność językową.

Nagrody ufundowali poszczególni kuratorzy oraz Polskie Towarzystwo Astronomiczne, Fundacja Astronomii Polskiej oraz Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii. Dodatkowo wśród uczestników seminarium rozlosowano roczne prenumeraty „Postępów Astronomii" i „Uranii".

Jak zwykle grudziądzcy gospodarze seminarium — mgr Małgorzata Śróbka-Kubiak i mgr Mirosław Kubiak zadbali o stworzenie miłej atmosfery, o wygodę i dobre samopoczucie uczestników oraz wspaniałą organizację. A prawdziwą ozdobą seminarium była kometa Hale'a-Boppa, którą wszyscy wieczorami podziwiali w grudziądzkim Obserwatorium.

Jadwiga Biała

STENTOR LUNARIS CRACOVIENSIS

Profesor Karol Kozieł odznaczał się bardzo donośnym głosem, którego natężenie modulował zależnie od swojego chwilowego przekonania co do jakości przekazu, bądź odbioru, a także od swej opinii o sprawności intelektualnej odbiorcy; niewątpliwy wpływ na ekspresję miały oczywiście również stany emocjonalne Profesora.

Przywykliśmy w Krakowie do tego, że w lecie, gdy okno sekretariatu starego Obserwatorium przy ul. Kopernika było otwarte, to już w połowie ul. Botanicznej, czyli w odległości ponad 150 m, można było słyszeć, a czasem nawet rozumieć rozmowę telefoniczną Profesora. Zapewne jakoś instynktownie nie dowierzał możliwościom tej czarnej skrzynki; dokuczał mu chyba także brak bezpośredniej obserwacji reakcji interlokutora. W każdym razie rozmowa bywała z reguły bardzo głośna, nawet jeśli była najzupełniej lokalna, np. z Uniwersytetem; nic zatem dziwnego, że nam owe efekty akustyczne po prostu spowszedniały; najzwyczajniej otępieliśmy na nie. Zupełnie inaczej odbierano je jednak tam, gdzie Profesor bywał raczej gościem. Zazwyczaj wywierały niezatarte wrażenie.

W czasie X Kongresu IAU w Moskwie w 1958 r. byłem świadkiem dość ożywionej polemiki prof. Kozieła z prof. A. A. Jakowkinem, na temat efektu[1] odkrytego znacznie wcześniej przez tego ostatniego. Żal mi było Jakowkina, siwego i łagodnego „dziadzia", który – jak mi się wydawało – miał prawie łzy w oczach, gdy jego oponent hardo stwierdził na koniec: „I think the Moon has only one radius!" W czasie najbliższej przerwy podeszło do mnie dwóch uczestników posiedzenia, Amerykanin i Niemiec (nazwisk nie zapamiętałem), którzy pragnęli się upewnić czy prof Kozieł jest tak energiczny jak jego przemówienie. To, że mój szef został wtedy wybrany prezesem Komisji 16. IAU (Ruchu i Figury Księżyca) jestem skłonny przypisywać oczywiście nie tyle mojemu przytaknięciu obydwu dżentelmenom, co sumie oddziaływania ciężaru gatunkowego jego prac pochodzących z cenionej szkoły Banachiewicza i jego „wodzowskiego" sposobu bycia, który sprawę chyba ostatecznie przesądził.

Niekiedy ów sposób bycia sprawiał kłopoty otoczeniu. Tak było np. w jesieni i zimie 1961-1962, gdy udaliśmy się z Profesorem do Manchesteru na zaproszenie prof. Z. Kopala, który w tamtych latach spędzał zwykle jedną połowę roku w Manchesterze (UK), a drugą – w USA. Sprawą szybkiego ukończenia zaawansowanych (przy liczeniu „na piechotę") krakowskich opracowań obserwacji heliometrycznych Księżyca byli zainteresowani – w związku z realizacją programu „Apollo" – raczej Amerykanie niż Uniwersytet Królowej Wiktorii w Manchesterze. Z drugiej jednak strony, tzn. z punktu widzenia PRL, było wówczas prawie nie do przyjęcia „wypuszczenie" kogoś z takimi materiałami do USA (czy też np. do RFN); natomiast Anglia była jeszcze jakoś „do strawienia". Profesor Kopal załatwił więc sprawę tak, jak się dało. W padłem na to przypadkowo, gdy jego sekretarka, Miss Ellen Finlay (obecnie Mrs. D. Carling), rozstrzygając jakąś kwestię formalną, wyjęła nasze papiery z teczki zatytułowanej: ***US Army Contract Number...*** *Jestem absolutnie przekonany, że prof. Kopal nie wtajemniczył mojego szefa w arkana sprawy, gdyż ów nie należał do ludzi kochających ryzyko, które w tym przypadku mogło być co najmniej podwójne ze względu na jego przynależność partyjną.*

Department of Astronomy mieści się w głównym budynku Uniwersytetu i tam mieliśmy swoje biurka. Natomiast otrzymaliśmy także niezależny pokój do pracy w nowoczesnym Budynku Matematyki (o kubaturze ok. 20-30 tys. m^3), leżącym po przeciwnej stronie ulicy. Niektóre elementy ścian owego Math's Building są wykładane korkiem dla tłumienia hałasu. Z pokoju tego mogliśmy korzystać pod nieobecność jego głównego użytkownika, prof. Mahlera. Miałem ponadto dostęp do (jeszcze łampowego) komputera „Mercury" (Ferranti) i oczywiście – do sali dalekopisów. Do pomocy została nam przydzielona jako programistka Mrs. Mary Gorman; programowanie odbywało się w zasadzie już w języku zewnętrznym, znanym pod nazwą „Mercury Autocode", a będącym w pewnym sensie prototypem języka Algol. Prędkość maszyny wynosiła ok. 10 tys. operacji na sekundę.

Spotykaliśmy się zatem w trójkę w przydzielonym nam pokoju, ustalając poszczególne etapy obliczeń i główne elementy programu. Profesor – stosując metodę „na głuchego" – pokonywał siłą głosu swoje wątpliwości, zarówno co do jakości własnej angielszczyzny jak i co do możliwości percepcyjnych Mrs. Gorman, która zresztą kiedyś podejrzliwie zapytała mnie, czy prof. Kozieł nie jest przypadkiem wojskowym, gdyż „krzyczy jak generał". Odpowiedziałem jej w dobrej wierze[2], że o ile

[1] *Efekt Jakowkina polega na zależności kątowego promienia tarczy Księżyca od libracji optycznej w szerokości.*

[2] *Nie wiedziałem jeszcze wówczas o usługach w postaci obserwacji meteorologicznych świadczonych przez mojego szefa kolejno dla armii: a) niemieckiej; b) Czerwonej. Argument a) podnosił ustnie w rozmowie z dr Kurtem Walterem i innym urzędnikiem administracji GG (pisze o tym prof. T. Banachiewicz w swych „Notatach codziennych"); argument b) został użyty w piśmie do władz kwaterunkowych PRL (p. Archiwum UJ). Za każdym razem chodziło jednak po prostu o zachowanie aktualnie zajmowanego lokum; dwukrotnie też ta koncepcja obrony poniosła fiasko. Argumenty należały wprawdzie do owych rodem „z grubej rury", lecz na tyle naiwnych, że nawet gorliwi urzędnicy odnośnych władz spokojnie je zbagatelizowali. Obserwatorium krakowskie nie zostało, jak wiadomo, nigdy zmilitaryzowane, a jego wyłącznie cywilni pracownicy i tak musieli wykonywać te obserwacje w ramach swych obowiązków. Natomiast dowództwa obydwu przedmiotowych armii z pewnością nie miały pojęcia, iż w jakimś procencie zawdzięczają swe sukcesy i porażki krakowskim obserwatorom-meteorologom. Sprawa ta zatem nie powinna w żadnej mierze podawać w wątpliwość prawdziwości mojej odpowiedzi, udzielonej pani M. Gorman jesienią 1961 r.*

postępki astronomów

mi wiadomo, to dotychczas z pozytywnym skutkiem udawało mu się zawsze unikać jakiegokolwiek bliższego kontaktu z wojskiem, po czym dodałem dość kwaśno, że ona sama ma też chyba słabe pojęcie o wojsku, gdzie krzyczą przecież raczej nie generałowie, lecz głównie kaprale.

Aliści niebawem Miss Finlay zakomunikowała mi w sekrecie ze zgrozą, że profesorowie matematyki przysłali do prof. Kopala delegację z prośbą, by „ten profesor, który przyjechł z Polski, odbywał konferencje ze swoim asystentem i z Mrs. Gorman – nie w Math's Building". Nie pomogły, jak widać, ściany wykładane korkiem i ogrom budynku.

Profesor Kopal dzięki swej pojednawczości i pogodzie ducha umiał jednak zażegnywać różne konflikty. Poradził sobie i z tym. Wielekroć zresztą próbował wpływać na postawę i styl mojego szefa swoją ciepłą i cierpliwą perswazją, zaczynającą się nieodmiennie od słów: „But you see, pane Karle. . ."

Kiedyś jednak nastąpił szok w samym Department of Astronomy. Otóż któregoś popołudnia zadzwonił do nas z Krakowa Józio Masłowski (obecnie profesor i dyrektor OAUJ) i poprosił do telefonu kolejno: prof. Kozieła, a następnie mnie. Profesor podjął słuchawkę (i rozmowę), co zaowocowało paniczną ucieczką obydwu sekretarek, tj. Ellen i jej pomocnicy, Dorothy, na korytarz, gdzie ja czekałem na swoją kolejkę. Po paru minutach jednak stentorowy głos mojego przedmówcy został zagłuszony przez potworny rumor, jakby tabunu koni cwałujących po rozklekotanym moście. Podobny hałas, choć słabszy, uchodził dotychczas za normalny, ale o zwyczajowej porze „tea-time" (16^h). Powodują go asystenci zbiegający po drewnianych schodach ze swych pomieszczeń znajdujących się piętro wyżej. Tym razem jednak uczynili to tłumnie, gwałtownie i do tego o nietypowej godzinie. Na widok mój i sekretarek w korytarzu... zbaranieli. Po chwili jeden z nich wykrztusił do mnie: „co się tu dzieje? – my pędzimy tobie na pomoc, bo słyszymy, że Kozieł strasznie krzyczy na kogoś, a na kogóż mógłby tu krzyczeć po polsku – jak nie na ciebie? Ty natomiast flirtujesz sobie w najlepsze z Ellen i Dorothy!"

Wyraziwszy swe wzruszenie ich troskliwością wyjaśniłem: – Właśnie przed chwilą zadzwonił z Krakowa Joe Masłowski i Profesor z nim rozmawia.

Dalszy bieg dyskursu kształtował się logicznie i naturalnie:

– Kto to jest Joe Masłowski?

– To mój kolega, który ma tu przyjechać zaraz po moim wyjeździe.

– A co on złego zrobił?

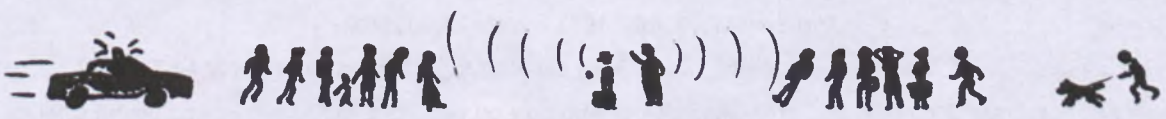
– Nic! Profesor tylko instruuje go, kiedy ma wziąć pieniądze z Uniwersytetu, kiedy wizę brytyjską, kiedy i na kiedy ma kupić bilet lotniczy do Manchesteru i co ma tu przywieźć z Krakowa. – To czemu on tak straszliwie krzyczy ?

Moje, rzucone na odczepne, „because Poland is far away" – byłem skłonny uważać już bezpośrednio w tamtej chwili za wybieg niegodny i trywializujący sprawę. Tymczasem wyjaśnienie to okazało się zupełnie trafne. Po chwili bowiem Profesor wyskoczył na korytarz i wezwał mnie do słuchawki. Przejąłem ją i – trochę złośliwie – zacząłem rozmawiać z Józiem, nawet nieco ciszej, niż robię to zazwyczaj – tak, iż „stało się uciszenie wielkie" (Mt. 8, 26); sekretarki powróciły do biurek, a uspokojeni asystenci – do swych pracowni na górze.

Mniej więcej po godzinie wyszliśmy z Profesorem z Uniwersytetu i maszerowaliśmy jakiś czas razem. W pewnej chwili przerwał milczenie uwagą: „panie magistrze, chybam ja trochę za głośno mówił przez ten telefon; pan tu ma zdaje się jakąś rodzinę, to i ma pan większe doświadczenie na tym dystansie".

Kolejny „happening" manchesterski, kiedy to Profesor zrobił użytek z siły swego głosu, znam już tylko z listu Józia Masłowskiego. Profesor przywitał go w miejskim terminalu lotniczym i zaczął przedstawiać mu moją osobę w barwach raczej kontrowersyjnych (oj, nie byłem Ci ja pokornym i uległym asystencikiem – to fakt!). Józiową próbę bronienia kolegi Profesor zmiażdżył gromkim: „Pan go nie zna! – Ja panu to mówię!" Bezpośrednim skutkiem tej eksklamacji okazała się dwumetrowa sylwetka policjanta, która błyskawicznie wyrosła obok nich deklarując gotowość służenia daleko idącą pomocą – wraz z ewentualnym bezpłatnym transportem do komisariatu włącznie. Sprawę wyjaśniono polubownie.

Jan Mietelski



„EFEKT KOZIEŁA"

Konkurs o kometach — rozstrzygnięcie

Na nasz konkurs o kometach zamieszczony w PA 4/96 napłynęło 25 odpowiedzi, ale tylko jedna z nich była w pełni prawidłowa. Tym sposobem mamy jednego niekwestionowanego zwycięzcę, a jest nim pan **MARIUSZ GORZELANY** z Poznania.

Serdecznie gratulujemy!

Największy problem mieli nasi Czytelnicy z identyfikacją trzeciego zdjęcia w pytaniu nr 5 — istotnie, zdjęcie nie było charakterystyczne! Większość biorących udział w konkursie sądziła, że przedstawia ono ubiegłoroczną kometę Hyakutake (a jak ładnie by pasowały lata pojawień przedstawionych na obrazkach komet: 1976 (Westa), 1986 (Halleya) i... 1996 — Hyakutake!) Niestety, zdjęcie przedstawia obraz komety Kohoutka o której pisze nasz Laureat:

Odkryta została 7 marca 1973 roku przez astronoma czechosłowackiego Luboša Kohoutka jako obiekt 16 wielkości gwiazdowej. W momencie odkrycia kometa znajdowała się poza orbitą Jowisza w odległości 1 mld km. ***Kometa Kohoutka*** *miała być jedną z najjaśniejszych komet w historii astronomii. Przewidywano, że w momencie przejścia przez peryhelium (28 grudnia 1973 r.) osiągnie jasność –10.5^m. Niestety przewidywania co do rewelacyjnej jasności komety nie sprawdziły się. Maksymalna jej jasność wynosiła 1.5^m a długość warkocza 15°. Astronomowie uznali, że kometa Kohoutka należała do bardzo „starych" komet. Jądra takich komet pokryte są warstwą pyłu chroniącą je przed nagrzewaniem i sublimacją.*

A oto wybrane odpowiedzi na pozostałe pytania konkursu:

1. Czy komety posiadają jądra, a jeśli tak, to z czego są one zbudowane?

Komety posiadają jądra*, które są bryłami o nieregularnych kształtach, o rozmiarach rzędu kilku kilometrów i stanowią konglomerat lodów, przede wszystkim lodu wodnego, a także tlenku i dwutlenku węgla, metanu, amoniaku oraz cząstek krzemianów i metali.* (p. Jarosław Bandurowski, Zabrze)

2. Kometa Halleya podczas swojego ostatniego zbliżenia do Słońca została przebadana z bliska przez pięć sond kosmicznych. Prosimy podać nazwy trzech z nich, ukazanych na prezentowanych znaczkach pocztowych.

Na znaczku pierwszym znajduje się sonda ***GIOTTO****. [...] Na znaczku drugim jest prawdopodobnie przedstawiona japońska sonda* ***PLANETA-A.*** *[...] Znaczek trzeci przedstawia radziecką sondę* ***VEGA****.* (p. Ryszard Gieroń, Przemyśl)

3. Z jaką kometą kojarzony jest sierpniowy rój meteorów — Perseid?

Perseidy to strumień-gigant. [...] ***Rój ten związany jest z kometą 1862 III (Swift-Tuttle).*** (p. Magdalena Kunert, Gołuchów)

4. Jak nazywa się kometa, u której po raz pierwszy wykryto promieniowanie rentgenowskie?

Kometa, u której po raz pierwszy wykryto promieniowanie rentgenowskie, to kometa ***C/1996 B2 (Hyakutake).*** *Dokonał tego satelita ROSAT podczas obserwacji komety w dniach 26 i 27 marca 1996 r.* (p. Łukasz Walec, Stalowa Wola)

5. Na [...] zdjęciach przedstawione zostały obrazy trzech słynnych komet widocznych w bieżącym stuleciu. Prosimy podać ich nazwy i lata ostatniego pojawienia się na naszym niebie.

Z lewej — ***kometa 1976 VI, West****. W odległości 30 mln. km od Słońca rozpadła się na cztery części. Pośrodku —* ***kometa Halleya****, ostatnie zbliżenie do Słońca w 1986 roku. Z prawej strony — chyba kometa Hyakutake z 1996 r. (reprodukowane zdjęcie jest dość niewyraźne, co dotyczy także zdjęć znaczków z pytania 2).** (p. Piotr Podkowicz, Gdynia)

Nagrodą dla zwycięzcy konkursu jest lornetka 7×50.

Wśród pozostałych uczestników konkursu rozlosowaliśmy trzy prenumeraty naszego pisma na rok przyszły. Szczęście uśmiechnęło się do następujących osób:

1. Tomasz Celeban (Łask),

2. Andrzej Chyłek (Strażów),

3. Izabela Ciepał (Wolbrom).

Wszystkim uczestnikom dziękujemy za udział w tej zabawie i obiecujemy dalsze tego typu konkursy.

Redakcja

---

* Zdjęcia znaczków nie mogły być bardziej czytelne bo już na tych zamieszczonych można dopatrzeć się (w dolnym prawym rogu) nazw GIOTTO i VEGA. Zdjęcia komet wzięte zostały z zasobów Internetu i należą do bardziej znanych obrazów przedstawionych komet. Jeśli jednak otrzymany w prenumeracie egzemplarz PA jest źle wydrukowany, to można go odesłać, a zostanie wymieniony na inny (uwaga nie dotyczy zeszytów 4/95 i 1/96) (red. tech.)

Informacja o prenumeracie i egzemplarzach archiwalnych

Wszelkich informacji na temat zakupu i prenumeraty „Postępów Astronomii" udziela:

Barbara GERTNER Centrum Astronomii UMK ul.Gagarina 11 87-100 TORUŃ

Tel. (0-56) 65 40 676 wewn. 14; fax: (0-56) 65 40 692 E-mail: basia@astri.uni.torun.pl lub aw@astri.uni.torun.pl

Prenumerata w roku 1997 wynosi 24.00 zł/rok

Wpłaty na konto: *Polskie Towarzystwo Astronomiczne Bank Gdański S.A. O/Toruń Nr 10401514-6347-132*

Redakcja posiada jeszcze pewną ilość archiwalnych egzemplarzy od początku istnienia naszego pisma czyli od roku 1953. Posiadane roczniki i pojedyncze zeszyty przekażemy bezpłatnie szkołom, które zgłoszą Redakcji chęć ich otrzymania i zechcą zwrócić koszt przesyłki. Indywidualnym czytelnikom udostępnimy te egzemplarze po symbolicznej cenie i za zwrotem kosztów przesyłki. Zamówienia realizować będziemy w kolejności zgłoszeń, aż do wyczerpania nakładu.

FOTObserwacje

Świetna widoczność komety Haie-Bopp w marcu b.r. zaowocowała licznymi zdjęciami tego widowiskowego gościa na naszym nieboskłonie. Poniższy wybór ilustruje różnorodność podejścia do tego tematu bez stosowania teleobiektywów. Zdjęcia wykonane w plenerze odegłym od świateł miast dały najlepsze efekty w obrazowaniu gazowo-pyłowej dwoistości warkocza (1,4,6,7), z kolei te wykonane przy niezbyt ciemnym niebie pozwoliły na utrwalenie obrazu komety takiej, jaką widziało ją oko (2,3). Niepowtarzalny charakter mają z kolei zdjęcia wykonane nad charakterystycznymi obiektami (5,8,9). Czekamy na następne!

Autorami zamieszczonych zdjęć są: (1) Witalij Romejko, Moskwa; (2) Elżbieta Malinowska, Sandomierz; (3,4) Maciej Michalunio, Frombork; (5) Wiesław Skórzyński, Toruń; (6) Gracjan Maciejewski, Toruń; (7) Janusz Wiland, Warszawa; (8,9) Jacek Drążkowski i Jerzy Puszcz, Lidzbark Warm.

1.

2.

3.

4.

5.

6.

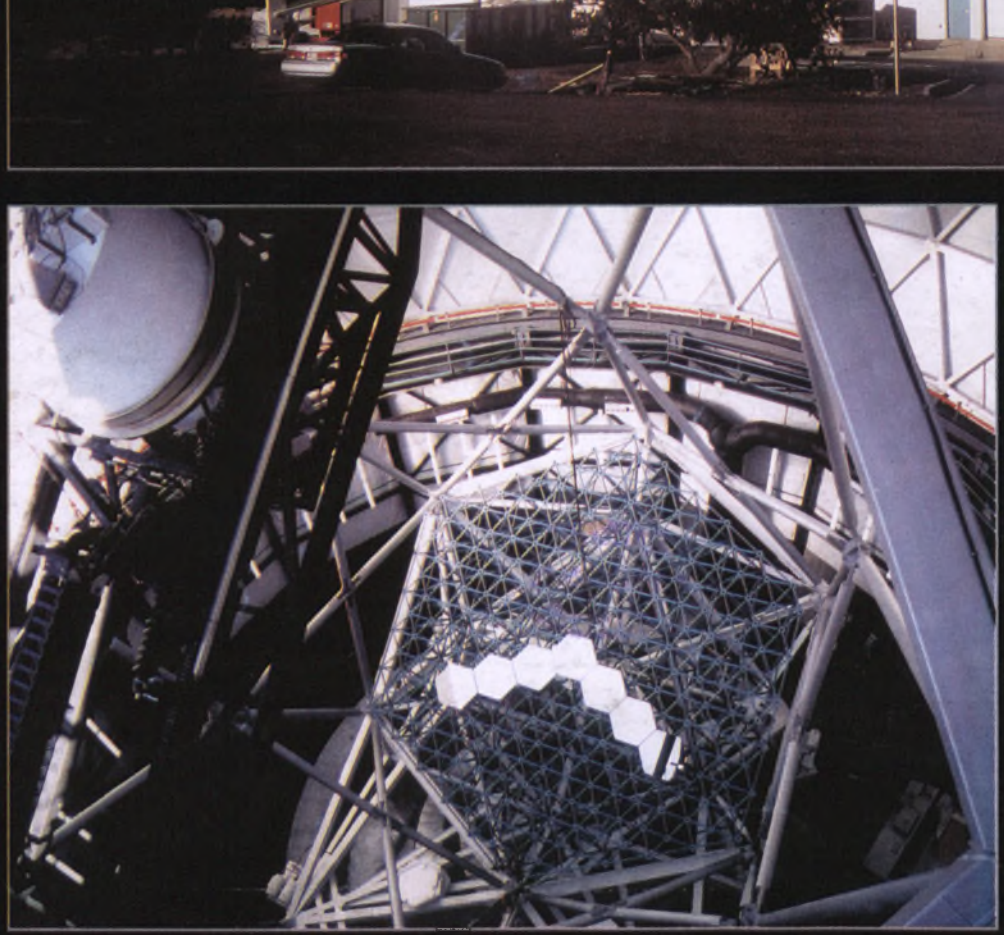
8.

7.

9.

Teleskop HET

Teksas, USA



Telesop Hobbyego-Eberleya (HET) to nowatorska konstrukcja. Jego mozaikowe lustro złożone jest z 91 heksagonalnych zwierciadeł. Nie ma on możliwości prowadzenia za pozornym ruchem gwiazd i działa jako instrument tranzytowy z ruchomą aparaturą odbiorczą w ognisku teleskopu. Więcej informacji o tym teleskopie w „rozmaitościach" na str. 27.

Na zdjęciu obok wnętrze teleskopu z siedmioma pierwszymi segmentami lustra. W momencie oddawania tego zeszytu do druku zamontowano już 36 segmentów.